

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**REMEDIÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR  
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

**ESTUDO DE CASO DO ATERRO JOCKEY CLUB DE BRASÍLIA, DF.**

**LAILA DE QUEIROZ BARBOSA**

**ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRA BERNARDES**  
**CO-ORIENTADOR: ANTÔNIO JOSÉ DE BRITO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM RECURSOS  
HÍDRICOS E SANEAMENTO**

**BRASÍLIA / DF:12 DEZEMBRO / 2014**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**REMEDIÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR  
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

**ESTUDO DE CASO DO ATERRO JOCKEY CLUB DE BRASÍLIA, DF.**

**LAILA DE QUEIROZ BARBOSA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.**

**APROVADA POR:**

---

**RICARDO SILVEIRA BERNARDES, PhD - UnB  
(ORIENTADOR)**

---

**ANTÔNIO JOSÉ DE BRITO, Engenheiro Civil - UnB  
(CO-ORIENTADOR)**

---

**PEDRO MURRIETA SANTOS NETO, D.Sc -UnB  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**ARIUSKA KARLA BARBOSA AMORIM, D.Sc - UnB  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 12 de dezembro de 2014.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BARBOSA, LAILA DE QUEIROZ

Remediação de Área Degradada por Resíduos Sólidos Urbanos; Estudo de Caso do Aterro Jockey Club de Brasília, DF. - Distrito Federal, 2014.

xi, 99 p.(ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2014)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Área Degradada

2. Remediação

3. Resíduos Sólidos

4. Estudo de Caso

I. ENC/FT/UnB

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARBOSA, L. Q. (2014). Remediação de Área Degradada por Resíduos Sólidos. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, xi,99p

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Laila de Queiroz Barbosa

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Remediação de Área Degradada por Resíduos Sólidos Urbanos.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2014

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Laila de Queiroz Barbosa

QSD 27 casa 35, Taguatinga Sul

## **RESUMO**

O capitalismo tem incentivado o aumento da geração de resíduos; como parte final do processo de gerenciamento integrado, a disposição adequada dos resíduos deve ser concebida de forma a atender à legislação ambiental vigente, nos aspectos sociais, sanitários e ambientais. A gestão de resíduos sólidos é o conjugado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que um órgão público ou privado desenvolve a fim de coletar, segregar, tratar e dispor o resíduo de maneira adequada, considerando aspectos socioeconômicos, técnicos e ambientais.

O Brasil encontra-se no processo de adequação às exigências mundiais em relação à disposição final de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário, e busca soluções para remediar as áreas degradadas pela disposição incorreta desses resíduos.

O Aterro Controlado Jockey Club de Brasília - um dos maiores da América Latina está, está fora das normas de disposição final de resíduos sólidos; onde o fluxo preferencial da pluma de contaminação apresenta risco de contaminação de córregos vizinhos a região, e estes são afluentes da futura fonte de abastecimento de Brasília. O presente projeto visa elaborar um diagnóstico da situação atual e elencar alternativas viáveis do ponto de vista técnico e ambiental para a remediação do Aterro Jockey Club, também denominado como Lixão da Estrutural.



## **ABSTRACT**

Capitalism has encouraged the increase of waste generation; as the final part of the integrated management process, the proper disposal of waste should be designed to meet the environmental legislation in force, including social, health and environmental aspects. The solid waste management is the conjugate of regulatory, operational, financial and planning actions that a public or private body develops in order to collect, segregate, treat and dispose the waste properly, considering socioeconomic, technical and environmental.

Brazil is in the process of adaptation to global requirements in relation to the final disposal of solid waste in landfill, and seeks solutions to remedy the damaged areas by improper disposal of such waste.

The Jockey Club of Brasília controlled landfill - one of the largest in Latin America is outside the solid waste final disposal standards; where the preferential flow of plume contamination has the risk of contamination of nearby streams the region, and these are affluent of the future Brasilia source supply. The present project aims to develop a diagnosis of the current situation and rank viable alternatives from a technical point of view, economic, environmental and social for the Jockey Club landfill remediation, also popularly referred to as the Structural Dump.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e sua bondosa Mãe.

A minha família, em especial aos meus pais Arnaldo Barbosa e Edilene Campos, pelo suporte e amor em todas as etapas de minha educação. E minha irmã LÍlian de Queiroz, meu maior presente. A eles também dedico todo meu trabalho.

Ao meu orientador Ricardo e família, pelo incentivo, disponibilidade, por toda dedicação, apoio e carinho no decorrer do projeto e graduação.

Ao meu co- orientador Brito pela oportunidade oferecida, prestatividade e simpatia.

Ao corpo docente do ENC, em especial ao professor Pedro Murrieta pela dedicação e carinho.

Aos meus amigos, em especial Thales Thiago e aos alunos de 1ª/2010, que sempre me ajudaram e apoiaram na superação dos problemas que surgiram e irão surgir pelo caminho.

A CSANEO pela oportunidade e acolhida.

# SUMÁRIO

| Capítulo   | Página |
|--|--------|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 1      |
| 1.1. OBJETIVO GERAL.....   | 2      |
| 1.1.1. Objetivos Específicos.....                                    | 2      |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                       | 3      |
| 2.1. ÁREAS DEGRADADAS: CONCEITOS E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....  | 3      |
| 2.1.1. Área degradada.....   | 4      |
| 2.1.2. Área Contaminada.....   | 6      |
| 2.1.3. Definição de Brownfield .....                                 | 8      |
| 2.1.4. Restauração, Reabilitação, Recuperação, Remediação .....      | 9      |
| 2.1.4.1. Restauração.....  | 9      |
| 2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....                                  | 13     |
| 2.2.1. Sistemas de disposição final de resíduos sólidos .....        | 14     |
| 2.2.2. Caracterização da Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil ..... | 17     |
| 2.2.3. Geração de RSU de Brasília.....                               | 21     |
| 2.2.4. Legislação e Normas .....                                     | 22     |
| 2.3. ESTRATÉGIAS DE REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS.....            | 25     |
| 2.3.1. Biorremediação .....  | 27     |
| 2.3.2. Encapsulamento Geotécnico .....                               | 30     |
| 2.3.3. Extração de vapores .....                                     | 31     |
| 2.3.4. Bombeamento e Tratamento da água.....                         | 31     |
| 2.3.5. Barreira Hidráulica.....                                      | 32     |
| 2.3.6. Barreira Reativa .....  | 32     |
| 2.3.7. Atenuação Natural .....                                       | 33     |
| 2.3.8. Dessorção Térmica.....  | 34     |
| 2.3.9. Incineração .....   | 34     |
| 2.3.10. Lavagem do Solo.....   | 34     |
| 2.3.11. Solidificação e Estabilização.....                           | 35     |
| 2.3.12. Vitrificação.....  | 35     |
| 2.3.13. Remediação Eletrocinética .....                              | 35     |
| 2.4. MONITORAMENTO DE ÁREAS REMEDIADAS.....                          | 36     |
| 3. METODOLOGIA .....   | 37     |
| 4. RESULTADOS E DISCURSÃO .....                                      | 39     |

|  |    |
|--|----|
| 4.1. DIAGNÓSTICO .....   | 39 |
| 4.1.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo .....        | 39 |
| 4.1.2. Aspectos Históricos e Culturais .....                       | 39 |
| 4.1.3. Aspectos Econômicos e Sociais .....                         | 44 |
| 4.1.4. Aspectos Físicos e Ambientais da área de estudo .....       | 45 |
| 4.1.4.1. Clima .....   | 45 |
| 4.1.4.2. Vegetação .....   | 46 |
| 4.1.4.3. Geomorfologia e Geologia .....                            | 47 |
| 4.1.4.4. Pedologia .....   | 49 |
| 4.1.4.5. Hidrogeologia .....                                       | 52 |
| 4.1.4.6. Topografia .....  | 54 |
| 4.1.5. Pluma de Contaminação (chorume) do Aterro Jockey Club ..... | 57 |
| 4.2. PROPOSTAS E ALTERNATIVAS PARA REMEDIAÇÃO .....                | 65 |
| 4.2.1. Objetivos da Remediação .....                               | 65 |
| 4.2.2. Especificação Técnica Básica .....                          | 67 |
| 4.2.2.1. Sistema de Monitoramento .....                            | 67 |
| 4.2.2.2. Sistema de Drenagem dos Percolados .....                  | 72 |
| 4.2.2.3. Estação de Tratamento de Lixiviados – ETL .....           | 74 |
| 4.2.2.4. Sistema de Drenagem dos gases .....                       | 77 |
| 4.2.2.5. Drenagem das águas pluviais .....                         | 79 |
| 4.2.2.6. Camada de Cobertura Final com Solo e Revegetação .....    | 79 |
| 4.2.3. ALTERNATIVA I – Barreiras Verticais .....                   | 80 |
| 4.2.4. ALTERNATIVA II – Células Impermeáveis .....                 | 83 |
| 4.2.5. ALTERNATIVA III - Barreira Hidráulica .....                 | 86 |
| 4.2.6. ALTERNATIVA IV - Atenuação Natural Monitorada .....         | 87 |
| 4.2.7. Avaliação das alternativas .....                            | 88 |
| 5. CONCLUSÃO .....   | 93 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....                                   | 95 |

# LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b>  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Figura 2.1 – Correlação de conceitos .....   | 7             |
| Figura 2.2 - Geração geral e per capita de RSU no Brasil, para os anos 2010 e 2011.....  | 20            |
| Figura 2.3 – Evolução da produção total anual de lixo no Distrito Federal.....   | 22            |
| Figura 2.4 – Métodos de Remediação .....   | 27            |
| Figura 2.5 – Processo de biorremediação .....  | 28            |
| Figura 2.6 - Configuração típica de barreiras verticais para remediação.....   | 30            |
| Figura 2.7 - Configuração típica de barreiras horizontais para remediação.....   | 31            |
| Figura 2.8 – Sistema de bombeamento de águas subterrâneas contaminadas. ....   | 32            |
| Figura 2.9 – Princípio de funcionamento de uma barreira hidráulica.....  | 32            |
| Figura 2.10 – Princípio de funcionamento de uma barreira reativa.....  | 33            |
| Figura 3.1 – Etapas do gerenciamento ambiental .....   | 37            |
| Figura 4.1 - Área intermediária do Aterro JCB e ao fundo Córrego do Valo.....  | 40            |
| Figura 4.2 - Deposição temporal do resíduo sólido na área do Aterro do JCB.....  | 42            |
| Figura 4.3 - Área intermediária do Aterro JCB e ao fundo Parque Nacional de Brasília. ....   | 43            |
| Figura 4.4 - Totais mensais de precipitação pluviométrica – Estação Brasília.....  | 45            |
| Figura 4.5 – Mapa com o tipo de vegetação e drenagens nas proximidades do Aterro JCB. ..   | 46            |
| Figura 4.6 – Mapa de Compartimentação Geomorfológica do DF.....  | 47            |
| Figura 4.7 – Mapa Geológico do Distrito Federal. ....  | 48            |
| Figura 4.8 – Mapa Pedológico Simplificado do DF.....   | 49            |
| Figura 4.9 – Perfil esquemático do solo na região central do Aterro JCB.....   | 50            |
| Figura 4.10 – Seção geológico-geotécnica do Aterro JCB. Sentido oeste para leste.....  | 51            |
| Figura 4.11 – Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal. ....  | 52            |
| Figura 4.12 – Mapa topográfico da área do Aterro JCB e vizinhanças. ....   | 55            |
| Figura 4.13 – Perfil topográfico do Aterro JCB no sentido Norte – Sul, visada para leste. ....   | 56            |
| Figura 4.14 – Perfil topográfico do Aterro JCB no sentido Oeste – Leste, visada para norte. ....   | 56            |
| Figura 4.15 – Mapa dos níveis da água subterrânea na área do Aterro JCB .....  | 57            |
| Figura 4.16 – Mapa de distribuição da pluma de contaminação na região do Aterro.....   | 60            |
| Figura 4.17 - Modelagem matemática para o fluxo da pluma do Aterro JCB .....   | 61            |
| Figura 4.18 - Seção transversal(exagero vertical de 15 vezes) .....  | 61            |
| Figura 4.19 - Mapa de localização das áreas contaminadas .....   | 63            |
| Figura 4.20 - Perfil de GPR com a presença de atenuação do sinal.....  | 64            |
| Figura 4.21 - a) trincheira para drenagem pluvial; b) lagoas de contenção e c) área de despejo de resíduos industriais e de animais mortos. .... | 64            |
| Figura 4.22- Localização dos poços de monitoramento nas imediações do Aterro JCB. ....   | 69            |
| Figura 4.23 - Piscina de Chorume do Aterro JKB .....   | 73            |
| Figura 4.24 - Fluxo dos diferentes tipos de tratamento para o chorume.....   | 76            |
| Figura 4.25 - Parte superior dos atuais drenos de gás do Aterro JKB.....   | 77            |
| Figura 4.5 - Parte superior do dreno de gás do Aterro JKB .....  | 78            |
| Figura 4.6 - Detalhe do queimador de gases do lixão .....  | 78            |
| Figura 4.28 - Funcionamento da barreira vertical contendo o fluxo sub-superficial .....  | 81            |
| Figura 4.29 - Parede Diafragma Plástica - Método dos painéis alternados .....  | 82            |
| Figura 4.30 - Localização – Barreiras Verticais; Aterro JCB .....  | 82            |
| Figura 4.31 - Localização – Área Norte e Sul; Aterro JCB .....   | 85            |
| Figura 4.32 – Volume disponível .....  | 85            |
| Figura 4.33 - Localização – Barreiras Hidráulicas; Aterro JCB .....  | 87            |

# LISTA DE TABELAS

| <b>Tabela</b>   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Tabela 2.1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008 .....   | 18            |
| Tabela 2.2 - Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para destinação final, para os anos 2000 e 2008. ....  | 19            |
| Tabela 2.3 - Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008.....  | 20            |
| Tabela 4.1 – Sistemas Aquíferos do Distrito Federal, seus domínios e as médias das vazões   | 53            |
| Tabela 4.2 – Composição média e máxima do chorume do Aterro JCB e valores de <i>background</i> . Todas as unidades em mg/L, com exceção da condutividade elétrica (CE) medida em $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH adimensional..... | 59            |
| Tabela 4.3 – Relação dos valores de resistividade com os parâmetros físico – químicos da análise de água dos poços.....   | 62            |
| Tabela 4.4 – Plano Sugestivo de Monitoramento de líquidos, gases e resíduos .....   | 71            |
| Tabela 4.5 – Valores médio mensais de Precipitação, Evaporação e Temperatura .....  | 73            |
| Tabela 4.3 - Valores de K para aplicação no Método Suíço. ....  | 74            |
| Tabela 4.7 - Balanço Hídrico .....  | 75            |
| Tabela 4.8 – Avaliação das Alternativas .....   | 91            |

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*US Environmental Protection Agency*)

ETL - Estação de Tratamento de Lixiviados

GDF – Governo do Distrito Federal

GIRS – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

GLSOD - Projeto de Avaliação Mundial da Degradação do Solo (*Global Assessment of Soil Degradation*)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

JCB – Jockey Club de Brasília

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ONU - Organização das Nações Unidas

PDRSD/GDF - Plano Diretor de Resíduos Sólidos para o Distrito Federal

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PNB – Parque Nacional de Brasília

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SEDUH - Secretária de Desenvolvimento Urbano e Habitação

SLU - Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal

SMA -Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização e industrialização, acompanhada pelo crescimento populacional, tem aumentado, consideravelmente, a geração de resíduos sólidos. Como parte final do processo de gerenciamento integrado, a disposição adequada dos resíduos deve ser concebida de forma a atender à legislação vigente, considerando os aspectos sociais, sanitários e ambientais, além de observar a questão econômica.

O gerenciamento de resíduos é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que um órgão público ou privado desenvolve (baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos) para coletar, segregar, tratar e dispor o resíduo de maneira ambientalmente correta, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (GIRS), que é exigido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2012).

O Brasil encontra-se no processo de adequação às exigências mundiais em relação à disposição final de Resíduos Sólidos em Aterro Sanitário. A Política Nacional de Resíduos Sólidos exigia que até 2014 fossem extintos todos os lixões do País, porém essa realidade não foi vista na prática, um exemplo é a própria área em estudo. O Aterro Sanitário é um empreendimento projetado para receber e tratar os resíduos produzidos pelos habitantes de uma cidade, com objetivo de mitigação e/ou eliminação de impactos causados ao meio ambiente.

Espalhada por uma área de mais de 190 ha na capital nacional, o Aterro Jockey Club de Brasília (JCB), também denominado como Lixão da Estrutural, está fora das normas de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU). Apesar de ser qualificado pelo GDF como um “aterro controlado”, não passa de uma disposição final de forma totalmente inadequada, visto não contar com impermeabilização que previna a contaminação do solo e do lençol freático, com a qual deve contar um aterro controlado. Provocando elevado risco de contaminação a suas áreas vizinhas, como o Parque Nacional de Brasília, a nordeste, onde nasce o Córrego do Acampamento e a Cidade Estrutural como fronteira ao sudoeste.

A remediação do Aterro JCB consiste na recuperação de uma área extremamente degradada, pela contaminação causada pela disposição inadequada dos resíduos ao longo de



mais de 50 anos. Remediação consiste em ações e tecnologias que atuam diretamente nos impactos decorrentes da degradação, com intuito de mitigar ou eliminar os danos gerados, possibilitando o reuso da área degradada, integrando esta ao cenário urbano.

Nesse contexto, os impactos sobre os corpos hídricos tornam-se preocupantes, principalmente diante da possibilidade de contaminação de águas subterrâneas por infiltração no solo do chorume produzido no aterro. No Aterro Jockey Club, essa situação é ainda mais crítica, visto que os mananciais da região são frequentemente utilizados pelos habitantes locais e fazem parte de uma importante bacia hidrográfica do Distrito Federal, a bacia do Lago Paranoá, que será a futura fonte para abastecimento de água de Brasília.

Diante desses fatores, o aterro do Jockey Club tem sido alvo de preocupação nos últimos anos, onde o desejo de recuperar a área já é expresso no Edital para Gestão de RSU do DF (GDF/2012). E essa situação agrava-se na medida em que a área destinada à deposição de lixo vem se aproximando do ponto de saturação; intensificando a necessidade de remediar a área degradada.

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

O presente projeto visa elaborar um diagnóstico e elencar alternativas viáveis do ponto de vista técnico-ambiental para a remediação do Aterro Jockey Club de Brasília, de conformidade à legislação e às normas ambientais em vigor, atendendo a infraestrutura necessária, obedecendo às restrições de projeto e permitindo a valorização do terreno para destinação de outros usos.

### **1.1.1. Objetivos Específicos**

O diagnóstico irá contemplar os aspectos históricos e culturais; o aspecto econômico; descrição da localização e caracterização da área de estudo; caracterização físico e ambiental; e caracterização do solo afim de oferecer ferramentas para o processo de escolha da técnica de remediação a ser aplicada.

Nesse sentido, através do diagnóstico, pretende-se realizar estudos posteriores no que se referem às técnicas mais adequadas para Remediação do lixão, conforme Resolução CONAMA 420/09.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. ÁREAS DEGRADADAS: CONCEITOS E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

O crescimento urbano desordenado provocado pelo processo de urbanização e a expansão física das cidades não planejadas acarretam a ocupação de áreas verdes e mananciais de maneira desordenada. O território vem sendo utilizado de maneira ineficiente, sem nenhuma preocupação ecológica ou medidas de mitigação, resultando em vários processos de degradação do solo.

A degradação ambiental, causada dentre outros fatores pela disposição inadequada de resíduos sólidos, ameaça à fertilidade das terras e a qualidade das águas, o solo perde sua funcionalidade e o equilíbrio ecológico em geral. A regeneração natural não tem sido capaz de recuperar, satisfatoriamente, a cobertura vegetal e a riqueza de espécies dessas áreas degradadas, sendo necessárias ações que auxiliem esse processo. Já a área contaminada é aquela que contém quantidade de concentração de qualquer substância em condições que possam causar danos à saúde humana.

Por meio do GLSOD (*Global Assessment of Soil Degradation* – Projeto de Avaliação Mundial da Degradação do Solo), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUD), registrou que 15% dos solos do planeta, aproximadamente 20 bilhões de hectares, estão classificadas como degradados devido às atividades antrópicas. Onde destas, 5% localiza-se na América do Norte, 12% na Oceania, 13% na Europa, 14% na América do Sul, 17% na África, 18% na Ásia e 21% na América Central. O maior problema neste estudo é que a maioria destes solos degradados encontra-se nos países menos desenvolvidos ou em processo de desenvolvimento, como o Brasil (apud TAVARES et al, 2008).

No Brasil, os principais fatores de degradação do solo são o desmatamento, em sua maioria ilegal, provocada especialmente pelas madeireiras, queimadas; construções sem planejamento ambiental urbano; lixões e as atividades agropecuárias e de agricultura. Ações que deixam o solo exposto, acarretando erosões, enchentes e alagamentos, ou contaminação direta, através da lixiviação do chorume ou de agrotóxicos.

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação de áreas degradadas deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos (biodegradação, agentes microbianos, processos

naturais) e físico-químicos (alteração do formato e composição do composto) envolvidos. A recuperação de áreas degradadas é como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações que visem proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como o ponto de partida do processo. Assim, o envolvimento direto e indireto de técnicos de diferentes especializações permite a abordagem holística que se faz necessária (DIAS e GRIFFITH, 1998 apud TAVARES et al, 2008).

### **2.1.1. Área degradada**

O conceito de área degradada é vasto e diverso na literatura. De forma genérica, qualquer alteração no meio natural pode ser analisado como uma forma de degradação e perturbação do ambiente. Este conceito tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções antropogênicas.

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) define degradação de terras como a deterioração ou perda total da capacidade dos solos para uso presente e futuro (FAO, 1980 apud ARAÚJO et al, 2005). Sendo assim, existem diferentes intensidades de degradação. Caso o ambiente não se recupere sozinho em um tempo razoável, considera-se que ele esteja degradado, e a intervenção humana é necessária. Se o ambiente mantém sua capacidade de regeneração ou depuração (resiliência), pode-se considerar que ele esteja apenas perturbado, e a ação humana apenas acelera o processo de recuperação. A degradação intensa, com perda da resiliência, resulta notadamente em áreas degradadas (CORRÊA, 2009).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 10603, a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais”. O conceito contempla o entendimento do solo enquanto espaço geográfico, extrapolando o sentido de matéria ou componente predominantemente abiótico do ambiente, além disso, ao citar a expressão “alteração adversa”, sugere a aproximação com o conceito de efeito ao impacto ambiental considerado negativo (TAVARES et al, 2008).

O Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA define que:

a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento sócio-econômico.

Kageyama (et al ,1994), considera área degradada aquela que, após distúrbio, teve eliminado os seus meios de regeneração natural bióticos (Ex. banco de sementes, banco de plântulas, etc.), apresenta baixa resiliência, isto é, o retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser lento, fazendo necessário a interferência antrópica para forçar o processo de regeneração.

Os exemplos citados anteriormente evidenciam o fato de que o conceito de degradação é relativo, embora esteja sempre associado à noção de alteração ambiental adversa gerada, na maioria das vezes, por atividades humanas.

As ações antrópicas podem levar um ecossistema a um estado de perturbação; são as chamadas áreas perturbadas, que resguardam considerável grau de resiliência. (CORRÊA, 2009; BARBOSA et al, 2006). Os ecossistemas terrestres degradados são aqueles que tiveram a cobertura vegetal e a fauna destruídas, perda da camada fértil do solo, alteração na qualidade e vazão do sistema hídrico (MINTER/IBAMA, 1990 apud BARBOSA et al, 2006) por ações como intervenções de mineração, efeitos de processos erosivos acentuados, movimentação de máquinas pesadas, terraplanagem, construção civil e deposição de resíduos sólidos, entre outras.

As áreas degradadas sofrem impactos de diferentes ordens, com isso cada caso deve ser analisado separadamente; várias estratégias para recuperação de uma área podem ser propostos. Inicialmente deve-se identificar o fator degradante principal da área e uma vez identificado, eliminá-lo, adotar processos de remediação e monitorar o local para evitar sua reincidência.

### **2.1.2. Área Contaminada**

A contaminação é a presença, num ambiente, de seres patogênicos, que provocam doenças, ou substâncias, em concentração nociva ao ser humano. No entanto, se estas substâncias não alterarem as relações ecológicas ali existentes ao longo do tempo, esta contaminação não é uma forma de poluição. Uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (CETESB, 2001).

Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir dos diferentes meios dispostos, propagando-se por diferentes vias, como, por exemplo, o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, modificando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores (CETESB, 2001). Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), são considerados bens a proteger: a saúde e o bem-estar da população; a fauna e a flora; a qualidade do solo, das águas e do ar; os interesses de proteção à natureza/paisagem; a ordenação territorial e planejamento regional e urbano; a segurança e ordem pública.

Segundo SÁNCHEZ (1998), dando enfoque ao compartimento solo, o termo “degradação” é o termo mais amplo e engloba o termo “poluição” (Figura 2.1). Dessa forma, pode-se determinar uma área degradada como uma área onde ocorrem ações de alteração das propriedades físicas e/ou químicas de um ou mais compartimentos do meio ambiente. Portanto, uma área contaminada pode ser considerada um caso particular de uma área degradada, onde ocorrem alterações principalmente das propriedades químicas, ou seja, contaminação (CETESB, 2001).



Figura 2.1 – Correlação de conceitos (Fonte: SÁNCHEZ, L.E. (2003) Palestra - Possibilidades e Desafios na Revitalização de Áreas Contaminadas no Brasil, São Paulo, 2003, evento Ekos Brasil.)

Portanto, pode-se concluir que as áreas degradadas podem ocorrer em duas formas principais: as áreas degradadas predominantemente por processos físicos e as áreas degradadas predominantemente por processos químicos, ou áreas contaminadas, destacando-se que em determinadas áreas os dois processos podem ocorrer simultaneamente (CETESB, 2001).

Poder considerar uma área contaminada como um tipo particular de área degradada é um fator importante, pois propicia a utilização da legislação federal existente nos casos de adoção de medidas de remediação de áreas contaminadas. A Lei 6.938/81, regulamentada pelo Decreto 99.274/90, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, que introduz instrumentos de planejamento ambiental e determina a responsabilização e penalidades para casos de poluição, em seus artigos 2º e 4º apresenta como objetivo dessa lei a "recuperação de áreas degradadas e ao poluidor obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados" (CETESB, 2001).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos pode gerar contaminação dos recursos naturais, como: o ar – pela poeira suspensa, pelo gás metano (resultante da decomposição de matéria orgânica) e pelas queimadas frequentes em áreas de grande acúmulo de resíduos sólidos; o solo – pela infiltração do lixiviado no solo, ou por substâncias químicas que podem ser acumuladas em vegetais, especialmente quando o índice de metais pesados for muito superior ao tolerável (PEREIRA NETO, 1992 apud LOPES, 2006); a água – pela

contaminação das águas superficiais e subterrâneas, sendo este um dos mais preocupantes (LOPES, 2006).

A contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos é um dos maiores problemas em se dispor os resíduos sólidos diretamente no solo, pois compromete o uso das fontes contaminadas por longo tempo, além da problemática do chorume - um líquido negro, ácido e mal cheiroso, proveniente da decomposição de compostos orgânicos sítios de disposição de resíduos sólidos; possui elevada carga orgânica, fontes de nitrogênio – como a amônia –, metais pesados e grupos microbianos, com elevado poder de poluição e que, não sendo devidamente tratado, penetra no subsolo e contamina as águas subterrâneas com metais pesados e outras substâncias danosas à saúde (LOPES, 2006; BERNARDES, 2013).

### **2.1.3. Definição de Brownfield**

O termo “Brownfield” é atribuído a terrenos degradados, poluídos ou contaminados, que foram utilizados para fins industriais, comerciais ou disposição de resíduos sólidos e pode ser limpo e revitalizado para nova utilização. A revitalização tem por objetivo proteger o meio ambiente, melhorar a qualidade de vida da população afetada e melhorar a economia local, pois permite a valorização imobiliária do terreno, reintegrando o terreno ao ciclo econômico e com isso contribuindo para contrabalançar a decadência social dos centros urbanos.

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), há várias soluções de engenharia para a revitalização dos terrenos “Brownfield”, que são aplicadas juntamente com o processo de limpeza da área. Os controles de engenharia são desenvolvidos com instalações que permanecem no local durante um longo período de tempo e impedem a recontaminação. Estas medidas têm como objetivo o controle de risco, até assegurar um risco aceitável e compatível com o uso pretendido. A técnica mais adequada irá depender do nível de contaminação do terreno e o propósito de sua nova utilização (EPA, 2014).

Os solos de lixões são normalmente contaminados com óleos, tintas, solventes, produtos corrosivos, baterias, compostos orgânicos voláteis, hidrocarbonetos e bifenilos policlorados. A EPA recomenda que a recuperação do solo seja feita com tecnologias de capeamento (mantas geotêxtil) e barreira do lençol freático (Barreiras reativas permeáveis ou Barreiras impermeáveis), reduzindo a exposição e migração da contaminação (EPA, 2014).

#### **2.1.4. Restauração, Reabilitação, Recuperação, Remediação**

Os conceitos de restauração, reabilitação, recuperação e remediação muitas vezes são apresentados como sinônimos; de modo geral, os termos se referem ao processo inverso à degradação, mas estes possuem diferenças em sua aplicação. Ressalta-se que as conceituações, têm sido empregadas não apenas nos aspectos que caracterizam suas execuções, mas especialmente em função dos seus objetivos e metas.

##### **2.1.4.1. Restauração**

O termo restauração refere-se à obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação, ou seja, reposição das exatas condições ecológicas da área degradada. Esse termo é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que normalmente são executados; a restauração de um ecossistema é extremamente difícil e onerosa, só justificável para ambientes raros. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc., apresentem as mesmas características de antes da degradação. Logo, trata-se de um objetivo praticamente inatingível, é considerada uma hipótese remota e até mesmo utópica, uma vez que há falta de informações sobre a situação original, podendo ter ocorrido extinção de espécies e alterações na comunidade e em sua estrutura no decorrer da sucessão, além da indisponibilidade de recursos financeiros para tal (CORRÊA, 2009; BARBOSA, 2006; TAVARES et al, 2008).

A restauração é improvável quando o ambiente foi agudamente degradado. Ou seja, fazer a restauração de um ecossistema, para consequentemente recuperar sua função, é uma técnica, economicamente, questionável, embora alguns profissionais que atuam na área ambiental tenham, equivocadamente, essa meta. Torna-se necessária uma nova conscientização dos mesmos sobre a inviabilidade deste processo. Além disso, as restaurações geralmente produzem apenas comunidades simplificadas, em relação às originais, ou comunidades que não se podem manter (CORRÊA, 2009; TAVARES et al, 2008; PRIMACK; RODRIGUES, 2002).

##### **2.1.4.2. Reabilitação**

Segundo MAJER (1989 apud TAVARES et al, 2008) a reabilitação é o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. Esse retorno pode significar o uso produtivo da



área a longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, a recreação ou a valorização estético-ecológica.

Pode-se propor a reabilitação da área, atribuindo a ela uma função adequada ao uso humano e restabelecendo suas principais características, conduzindo-a a uma situação alternativa e estável (MINTER/IBAMA, 1990 apud BARBOSA, 2006). De acordo com Primack e Rodrigues (2002), é a recuperação de pelo menos algumas funções do ecossistema e de algumas espécies originais.

#### 2.1.4.3. Recuperação

Recuperação é um processo genérico que abrange todos os aspectos de qualquer projeto que vise à obtenção de uma nova utilização para um sítio degradado. É um processo que objetiva, sobretudo, alcançar a estabilidade do ambiente (CORRÊA, 2009). A recuperação da área visa a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original” como é definida pela Lei Federal 9985/2000, que criou o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação). Trata-se de retornar às condições de funcionamento, pois objetiva recuperar a estrutura (composição em espécies e complexidade) e as funções ecológicas (ciclagem de nutrientes e biomassa) do ecossistema (BARBOSA, 2006).

A legislação federal brasileira cita também que o objetivo da recuperação é o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (Decreto Federal 97.632/89).

Esse decreto confirma o que é apresentado pelo IBAMA, que indica que a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais e sociais da circunvizinhança. Significa também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem (TAVARES et al, 2008).

Na prática, o termo recuperação prevê atividades que permitam o desenvolvimento de vegetação, nativa ou exótica. O resultado desse processo dependerá do objetivo pretendido e

da capacidade do local de suportá-lo. Essa posição é compartilhada pelo órgão federal IBAMA desde 1990. O IBAMA define recuperação como retorno de áreas degradadas a uma forma de utilização tecnicamente compatível, em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais locais (IBAMA, 1990; CORRÊA, 2009).

A sustentabilidade de um ecossistema em uma condição relativamente estável pressupõe que as espécies dominantes possam se recuperar normalmente e se manter dominantes em longo prazo. Em ecossistemas degradados, esta condição não só não ocorre, como também a colonização por espécies arbóreas e a sucessão secundária são dificultadas ou impedidas. A recuperação de uma área deve seguir os mesmos mecanismos da sucessão natural, o que garante seu sucesso em termos de sustentabilidade. É evidente, porém, que não se trata de reproduzir fielmente as etapas sucessionais, o que acarretaria inevitavelmente, um enorme período de tempo (BARBOSA, 2006).

De acordo com o Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), considera-se como recuperação de lixões e aterros controlados, além das consideradas no encerramento, as ações de queima pontual de gases, coleta e tratamento de chorume, recuperação da área degradada e compactação da massa, com gerenciamento e monitoramento das áreas contaminadas, plano de encerramento e uso futuro da área.

#### 2.1.4.4. Remediação

De acordo com Corrêa (2009) há três áreas de enfoque que visam à recuperação de áreas degradadas: revegetação, remediação e geotecnia. As estabilidades ecológica e ambiental, a estabilidade química e a estabilidade física são, respectivamente, os objetivos dessas três áreas de atuação. A interação entre essas áreas é intensa, pois não há que se pensar em revegetação sem antes se remediarem processos químicos e se estabilizarem fisicamente locais degradados.

Ou seja, deve-se entender por recuperação de uma área contaminada o processo de aplicação de medidas corretivas necessárias para isolar, conter, minimizar ou eliminar a contaminação, visando à utilização dessa área para um determinado uso. Essa definição considera que o princípio da “aptidão para um determinado uso” é mais viável técnica e economicamente em países onde os recursos são escassos do que o princípio da

“multifuncionalidade” (restaurar as condições naturais, viabilizando todos os tipos de uso de uma área), que vem sendo abandonado pela maioria dos países (CETESB, 2001).

Dessa forma, para recuperar uma área contaminada pode ser feita uma escolha entre dois tipos de medidas: as que se destinam à compatibilização ao uso atual ou futuro da área contaminada e medidas de remediação. As medidas de compatibilização ao uso atual ou futuro da área contaminada compreendem a definição de uma utilização (onde a contaminação continuará presente na área), que garante que não existirão vias de transporte de contaminantes ou receptores expostos à contaminação. Esse tipo de ação pode ser tomado tendo como base a avaliação de risco e a consequente constatação de que a presença dos contaminantes e seu transporte ofereçam, aos bens a proteger, um risco considerado baixo (CETESB, 2001).

As medidas de remediação (“aplicação de remédios”) podem ser divididas basicamente em dois tipos: medidas de contenção ou isolamento da contaminação e medidas para o tratamento dos meios contaminados, visando à eliminação ou redução dos níveis de contaminação a níveis aceitáveis ou previamente definidos; medidas de contenção e tratamento podem ser adotadas conjuntamente. Dessa forma, pode-se considerar que o termo “recuperação” engloba os termos “remediação” (contenção e tratamento) e “compatibilização ao uso atual ou futuro da área” (CETESB, 2001).

Basicamente, três abordagens são utilizadas no planejamento da remediação em uma área contaminada (USEPA, 1998 apud CETESB, 2001):

- mudança do uso definido da área para minimizar o risco;
- remoção ou destruição dos contaminantes para a eliminação do risco;
- redução da concentração dos contaminantes ou contenção desses para eliminar ou minimizar risco.

A estratégia de remediação proposta para uma determinada área pode combinar essas três abordagens. Em geral, a aplicabilidade de um método de remediação depende de vários fatores, como, por exemplo, as características do meio contaminado, dos contaminantes, objetivos da remediação, localização da área, tempo e recursos disponíveis (CETESB, 2001).

## **2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Com o crescimento urbano, o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas cidades tem ganhado uma maior importância. No Brasil é recente a preocupação com o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos, sendo que até o momento grande parte destes resíduos não tem tratamento e nem disposição adequados. A fim de reverter esse quadro a Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada pela Lei nº 12.305, exigia que até 2014 fossem extintos todos os lixões do País; todos os municípios terão a obrigação de destinar os resíduos sólidos para aterros sanitários adequados ambientalmente, em soluções individuais ou consorciadas; onde com o não cumprimento o governo federal articulado com o Ministério Público Federal irá estabelecer uma estratégia de negociação dos prazos de encerramento dos lixões por meio de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) com as prefeituras.

O Estatuto da Cidade estabeleceu diretrizes para uma reforma urbana nas cidades brasileiras e fez com que os municípios construíssem seus Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social, visando o direito à cidade nos diversos aspectos: social, ambiental, econômico, da saúde, do lazer, da habitação, do transporte, saneamento básico, entre outros (MMA, 2011). De acordo com o artigo 23, inciso IX da Constituição Federal compete ao poder público local, portanto aos municípios, a responsabilidade de realizar a gestão sobre as questões do saneamento básico, incluído a dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

O sistema de limpeza urbana da cidade deve ser institucionalizado segundo um modelo de gestão que seja capaz de: promover a sustentabilidade econômica das operações; preservar o meio ambiente; preservar a qualidade de vida da população; contribuir para a solução dos aspectos sociais envolvidos. Em todos os segmentos operacionais do sistema deverão ser escolhidas alternativas que atendam simultaneamente a duas condições fundamentais: sejam mais econômicas e tecnicamente corretas para o ambiente e para a saúde da população (IBAM, 2001).

A gestão de resíduos sólidos tem como principal solução a implantação de um sistema de gerenciamento integrado, que é uma forma diferenciada de manejo de resíduos, o qual reúne diversos métodos de coleta, acondicionamento e tratamento para lidar com todos os materiais no fluxo de geração e descarte do resíduos sólidos, de maneira ambientalmente eficaz, economicamente pagável e socialmente aceitável, envolvendo assim os três âmbitos do

desenvolvimento sustentável - economia (capital); recursos naturais e sociedade (trabalho) (PROSAB, 2006).

Após a geração do resíduo, o modo de gerenciamento (manejo, tratamento e destinação) pode alterar suas propriedades, ao ponto de, em certas situações, os riscos à saúde e ao meio ambiente serem potencializados. A ABNT, através da norma NBR 10.004/2004 define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente, inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Os resíduos sólidos possuem grande diversidade e complexidade. As características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a atividade ou fonte geradora. Os resíduos sólidos dispostos inadequadamente, sem qualquer tratamento, podem poluir o solo e os cursos d'água, alterando suas características, constituindo-se num problema de ordem estética e numa séria ameaça a saúde pública. Diversos fatores, tais como econômico, social, geográfico, educacional, cultural, tecnológico, legal, estão interligados ao processo de geração dos resíduos urbanos, tanto em relação à quantidade, quanto a qualidade do resíduo sólido. O enfoque do presente trabalho é a etapa final de disposição, consiste na remediação de área com disposição final inadequada (CARVALHO, 1997; PROSAB, 2006).

### **2.2.1. Sistemas de disposição final de resíduos sólidos**

A disposição final de resíduos de maneira ideal devem mitigar os impactos negativos resultantes da sua disposição inadequada, geralmente os resíduos sólidos são dispostos no solo, podendo também receber diferentes tipos de tratamento, tais como incineração, compostagem, pirólise. No Brasil existem três formas principais de disposição final de resíduos sólidos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário; partindo de um estado sem menor controle ambiental até uma situação onde ocorre controle da disposição do resíduo e proteção do meio ambiente.

#### 2.2.1.1. Lixão

O lixão é a forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, que consiste na descarga do material no solo sem qualquer técnica ou medida de controle (PNRS, 2012). Os resíduos assim lançados podem acarretar problemas à saúde pública e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume.

Apesar dos enormes danos ao meio-ambiente e a saúde pública, a disposição à céu aberto é ainda um método utilizado no Brasil, de acordo com os dados apresentados pelo Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) em 2000, a quantidade diária de resíduos sólidos encaminhados para vazadouros a céu aberto (lixão) era de 32,5 % (Tabela 2.3); graças as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos e da conscientização da sociedade, esse índice tem decaindo, sendo que em 2008 apresentava o percentual de 19,8.

Os lixões geram grandes riscos do ponto de vista sanitário e enormes inconvenientes para as regiões vizinhas, dentre os quais: contaminação da água subterrânea e superficial através do chorume (altamente poluente); mau cheiro e contaminação da atmosfera, provocado pela emissão de gases provenientes da decomposição biológica da matéria orgânica; proliferação de vetores transmissores de doença (ratos, moscas, vermes, mosquitos); inundações das regiões próximas, provocadas pela obstrução dos canais naturais de escoamento das águas; depreciação das regiões vizinhas, diminuindo o valor de mercado dos terrenos; escorregamentos causados pelo aumento da carga ou alteração das condições hídricas e pela variação da resistência do solo, além dos problemas sociais, pois locais como estes atraem a presença de catadores, que trabalham em condições precárias e sem nenhuma segurança (CARVALHO, 1997).

#### 2.2.1.2. Aterro Controlado

O aterro controlado consiste na técnica a qual se procura reduzir os danos à saúde pública, à segurança e impactos ambientais, porém ainda consiste em uma forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos com terra (PNRS, 2012). Apresenta uma operação razoável, cobertura dos resíduos por uma camada de material inerte a, e em uma camada de resíduo, intercalada por uma cobertura.

Porém, esta técnica não dispõe de uma impermeabilização de base nem sistemas de tratamento de chorume ou de gases gerados, podendo comprometer a qualidade das águas subterrâneas e a atmosfera das vizinhanças, ou seja, há apenas um controle parcial dos impactos ambientais causados pela deposição dos resíduos sólidos (CARVALHO, 1997). De acordo com os dados apresentados pelo PNRS (2012), o número de unidades de Aterros Controlado no Brasil em 2000 era de 1.231, subindo para 1.310 em 2008; porém, em uma análise geral houve uma redução do percentual da quantidade diária de resíduos sólidos encaminhados para Aterros Controlados 24,2 % em 2000, para 19,4% em 2008 (Tabela 2.3), mostrando um tendência Nacional para diminuição de disposições inadequadas dos resíduos.

#### 2.2.1.3. Aterro sanitário

Aterro sanitário consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, com riscos mínimos de causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia (impermeabilização do solo, cercamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado) para confinar os resíduos a menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (NBR 8419/92). As atividades das instalações incluem monitoramento do fluxo de resíduos que entram no aterro, descarga e compactação, tratamento do resíduo sólido e gases, além de elementos de monitoramento ambiental.

O Aterro Sanitário possui inúmeras vantagens, tais como: disposição dos resíduos sólidos de forma adequada; baixo impacto ambiental comparado com os outros métodos; capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos; condições especiais para a decomposição biológica de matéria orgânica presente no resíduos sólidos; a proliferação de vetores de doença é ínfima; viabilidade de reutilização da área após o uso; se monitorado corretamente, não há contaminação do solo e do lençol freático.

Os dados expostos pelo PNRS (2012) mostram que em 2000, a quantidade diária de resíduos sólidos encaminhados para Aterros Sanitário no Brasil era de 35,4 % (Tabela 2.3), 49.614,5 toneladas por dia eram destinadas para a 931 unidades; e o índice de aterros sanitários tem aumentado, sendo que em 2008 apresentava o percentual de 58,3 e 1.723 unidades de aterro sanitário no Brasil. Ou seja, em termos quantitativos, de 2000 a 2008, houve um aumento de 120% na quantidade de resíduos e rejeitos dispostos em aterros

sanitários e uma redução de 18% na quantidade encaminhada para lixões. Diferentemente do que ocorria em 2000, quando 60% da quantidade total dos resíduos e rejeitos urbanos eram dispostos de forma inadequada (aterro controlado e lixão), em 2008, vê-se a inversão desses valores, no qual 60% têm disposição final em aterro sanitário. Porém, não se pode esquecer que ainda há 74 mil toneladas por dia de resíduos e rejeitos sendo dispostos em aterros controlados e lixões (PNRS, 2012). Além de a Política Nacional de Resíduos Sólidos, fomentar para que todos os municípios tenham a deposição correta dos seus resíduos.

De acordo com Carvalho (1997) os fatores limitantes do uso de Aterros Sanitários são basicamente quatro: disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos que não comprometam a segurança e conforto da população; disponibilidade de material de cobertura diária; condições climáticas de operação durante todo o ano e a escassez de recursos humanos habilitados em gerenciamento de aterros.

### **2.2.2. Caracterização da Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil**

A gestão dos resíduos sólidos tem sido um dos problemas da sociedade moderna, devido ao sistema capitalista, que incentiva o consumismo. As quantidades de resíduos produzidas são cada vez maiores, tendo como efeito o aumento das quantidades de resíduos que terminam nas unidades de destinação, muitas vezes inadequadas, que é o caso atual do Distrito Federal.

Dentro dessa dinâmica, o Brasil tem apresentado uma maior preocupação com o gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Em 2 de agosto de 2010 o país estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definindo bases sólidas para planejar e implementar uma Gestão apropriada dos Resíduos Sólidos. Uma das exigências, criada pela Lei nº 12.305/2010, estabelece que até 2014 sejam abolidos todos os lixões do País; fomentando para que todos os municípios tenham destinação dos resíduos sólidos para aterros sanitários adequados ambientalmente, em soluções individuais ou consorciadas.

A disposição de resíduos sólidos em lixões é crime desde 1998, quando foi sancionada a lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605/98). A lei prevê, em seu artigo 54, que causar poluição pelo lançamento de resíduos sólidos em desacordo com leis e regulamentos é crime ambiental. Dessa forma, os lixões que se encontram em funcionamento estão em desacordo com as Leis nº 12.305/2010 e 9.605/98. E com o não cumprimento do prazo é necessário



elaborar um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), a fim de estabelecer uma estratégia de negociação dos prazos de encerramento dos lixões.

O conteúdo da Lei nº 12.305/2010 impulsiona as práticas relacionados com a gestão dos resíduos sólidos, tais como: não geração; redução dos resíduos gerados; melhor utilização dos produtos (reuso sempre que possível); separação das frações e processamento dos resíduos em usinas de reciclagem; adoção de ações para recuperar a energia contida nos resíduos quando a reciclagem não for possível; por fim, tratamento e disposição de resíduos com a melhor tecnologia disponível, com um custo acessível à população (SMA, 2013).

A Tabela 2.1 apresenta a composição gravimétrica média dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, considerando como base a quantidade de RSU coletados no ano de 2008. Na distribuição gravimétrica do país observa-se um percentual considerável de matéria orgânica em relação aos demais componentes.

Na questão tratamento, embora o quantitativo de resíduos sólidos urbanos apresentem alto percentual de matéria orgânica, as experiências de compostagem, no Brasil, são ainda incipientes. O resíduo orgânico, por não ser coletado separadamente, acaba sendo conduzido para disposição final, em conjunto com os resíduos domiciliares. Essa forma de destinação gera, para a maioria dos municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (PNRS, 2012).

Tabela 2.1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008

| <b>Resíduos</b>           | <b>Participação (%)</b> | <b>Quantidade (t/dia)</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Material reciclável       | 31,9                    | 58.527,40                 |
| Metais                    | 2,9                     | 5.293,50                  |
| Aço                       | 2,3                     | 4.213,70                  |
| Alumínio                  | 0,6                     | 1.079,90                  |
| Papel, papelão e tetrapak | 13,1                    | 23.997,40                 |
| Plástico total            | 13,5                    | 24.847,90                 |
| Plástico filme            | 8,9                     | 16.399,60                 |
| Plástico rígido           | 4,6                     | 8.448,30                  |
| Vidro                     | 2,4                     | 4.388,60                  |
| Matéria orgânica          | 51,4                    | 94.335,10                 |
| Outros                    | 16,7                    | 30.618,90                 |
| Total                     | 100,0                   | 183.481,50                |

Fonte: elaborado a partir de IBGE (2010b) e artigos diversos apud PNRS, 2012.

Do ponto de vista da coleta regular dos resíduos sólidos, esta tem sido o principal foco da gestão de resíduos sólidos nos últimos anos. A taxa de cobertura vem crescendo continuamente, já alcançando em 2009 quase 90% do total de domicílios; na área urbana a coleta supera o índice de 98%; todavia a coleta em domicílios localizados em áreas rurais ainda não atinge 33% (PNRS, 2012).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, em relação à coleta seletiva de materiais recicláveis, expõe o seguinte: que entre 2000 e 2008 houve um aumento de 120% no número de municípios que desenvolvem tais programas, que chegaram a 994, estando a maioria localizada nas regiões Sul e Sudeste, regiões com elevados índices de desenvolvimento econômico. Esse marco, embora importante, ainda não ultrapassa 18% dos municípios brasileiros.

Com relação aos indicadores econômicos, a amostra de municípios utilizada indica que as despesas com a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) como um todo alcançam valores médios um pouco inferiores a R\$ 70,00 por habitante. Quando são analisados os grupos de municípios, nota-se um crescimento das despesas de acordo com o aumento do tamanho dos municípios. Ao mesmo tempo, quando são analisados os custos exclusivos de agentes privados, esses parecem ser superiores aos dos agentes públicos (PNRS, 2012).

De acordo com a Tabela 2.2, em 2008 foram destinados 188.814,90 t/d de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos, o que denota um acréscimo de 35% em relação à quantidade destinada em 2000, ou seja, o Brasil tem avançado positivamente no quesito de gerenciamento dos RSU, houve um aumento expressivo nas regiões Norte e Nordeste do país.

Tabela 2.2 - Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para destinação final, para os anos 2000 e 2008.

| Unidade de análise | Quantidade de resíduos encaminhados para destinação final (t/dia) |           | Quantidade de resíduos destinados por habitante urbano (kg/hab.dia) |      |
|--------------------|---|-----------|---|------|
|                    | 2000  | 2008      | 2000  | 2008 |
| Brasil             | 140.080   | 188.815   | 1,0   | 1,2  |
| Macrorregião       |   |           |   |      |
| Norte              | 10.0929,0   | 14.229,20 | 1,2   | 1,3  |
| Nordeste           | 33.876,7  | 55.723,20 | 1,0   | 1,4  |
| Sudeste            | 67.656,1  | 84.227,00 | 1,0   | 1,1  |
| Sul                | 16.893,2  | 21.929,30 | 0,8   | 0,9  |
| Centro – Oeste     | 10.725,00   | 12.706,20 | 1,1   | 1,0  |

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010b, 2010c) apud PNRS, 2012.

Nos Planos Nacionais de Saneamento Básico (PLANSAB) de 2000 e 2008 observam-se que mais de 90%, em massa, dos resíduos são destinados para a disposição final em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, sendo os 10% restantes distribuídos entre unidades de compostagem, unidades de triagem e reciclagem, unidades de incineração, vazadouros em áreas alagadas e outros destinos, como mostra a Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008.

| Destino Final                      | 2000              |      | 2008              |      |
|------------------------------------|-------------------|------|-------------------|------|
|                                    | Quantidade (t/d)  | %    | Quantidade (t/d)  | %    |
| Aterro Sanitário                   | 49.614,50         | 35,4 | 110.044,40        | 58,3 |
| Aterro Controlado                  | 33.854,30         | 24,2 | 36.673,20         | 19,4 |
| Vazadouros a céu aberto (Lixão)    | 45.484,70         | 32,5 | 37.360,80         | 19,8 |
| Unidade de compostagem             | 6.364,50          | 4,5  | 1.519,50          | 0,8  |
| Unidade de triagem para reciclagem | 2.158,10          | 1,5  | 2.592,00          | 1,4  |
| Unidade de incineração             | 483,10            | 0,3  | 64,80             | <0,1 |
| Vazadouro em áreas alagáveis       | 228,10            | 0,2  | 35,00             | <0,1 |
| Locais não fixos                   | 877,30            | 0,6  | SI                |      |
| Outra unidade                      | 1.015,10          | 0,7  | 525,20            | 0,3  |
| <b>Total</b>                       | <b>140.080,70</b> |      | <b>188.814,90</b> |      |

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010b, 2010c) apud PNRS, 2012.

Os RSU contemplam um fluxo básico de resíduos para todos os países ao redor do mundo. Informações relativas à geração per capita de RSU no Brasil (Figura 2.2) apontam que existe uma tendência expressiva de aumento na geração de RSU (SMA, 2013).

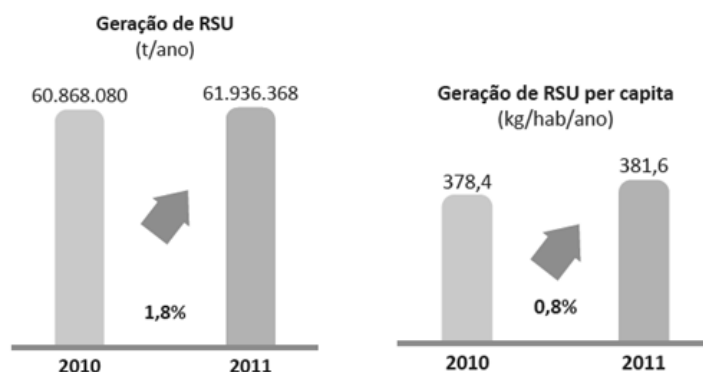


Figura 2.2 - Geração geral e per capita de RSU no Brasil, para os anos 2010 e 2011 (Fonte: SMA, 2013)

Embora o progresso alcançado com relação à disposição adequada de RSU é evidente que ainda há muito a ser realizado para acabar com a ameaça sanitária e ambiental dos lixões e da disposição inadequada em geral. Existe uma possibilidade importante de progresso dos

serviços de coleta que não pode ser ignorada para coletar boa parte dos resíduos urbanos que em 2011 permaneceram sem coleta, o qual representa cerca de 6,5 milhões de toneladas (SMA, 2013).

### **2.2.3. Geração de RSU de Brasília**

De modo geral, pode-se dizer que, apesar dos esforços e da crescente expansão da infraestrutura de manejo e destinação final de lixo no Distrito Federal, as intenções do 1º Plano Diretor de Limpeza Urbana foram alcançadas apenas parcialmente. Nesse contexto, deve-se destacar que a capacidade nominal total das unidades de usinagem de lixo (aproximadamente 800 toneladas por dia) tornou-se relativamente pequena diante do real crescimento da produção de lixo no Distrito Federal, que, atualmente, se encontra em torno de 2.700 toneladas de lixo produzidas diariamente (BELACAP, 2001; CB, 2014).

Por outro lado, a implantação de aterros sanitários não foi efetivada, de maneira que a maior parte do lixo produzido no Distrito Federal continua sendo disposta de forma inadequada no aterro controlado do Jockey Club. A Figura 4.1 ilustra a evolução da produção total anual de lixo no Distrito Federal, no período de 1966 a 2000, apresentando a parcela de lixo aterrada em cada ano. De acordo com essa ilustração, percebe-se crescimento da produção de resíduos e a tendência para os anos atuais, esse fato pode ser explicado pois, além do significativo aumento populacional, a produção per capita diária de lixo no Distrito Federal passou de aproximadamente 0,40 Kg/(hab.dia), no início da década de 1970, para cerca de 1,00 Kg/(hab.dia), no ano 2000 e hoje está estimado um valor 1,56 Kg/(hab.dia) (SLU, 1974 apud CARNEIRO, 2002; BELACAP, 2001; SNIS, 2012; ABRELPE, 2013).

Tendo em vista ainda que, em meados da década de oitenta, o aterro do Jockey Club passou a ser a única localidade oficial destinada ao aterramento de lixo na região, percebe-se que a quantidade de lixo ali depositada nos últimos anos é bastante superior àquela depositada desde o início de sua utilização.

Isso justifica o fato do lixo depositado na porção mais antiga do aterro ter sido disposto em camadas pouco espessas, bem compactado e recoberto adequadamente. Ao contrário, em relação às áreas em que o lixo foi depositado recentemente, podem ser observadas verdadeiras montanhas de grande espessura no interior do aterro do Jockey Club, onde o lixo fica exposto por longos períodos até receber a camada de cobertura de solo (CARNEIRO, 2002).

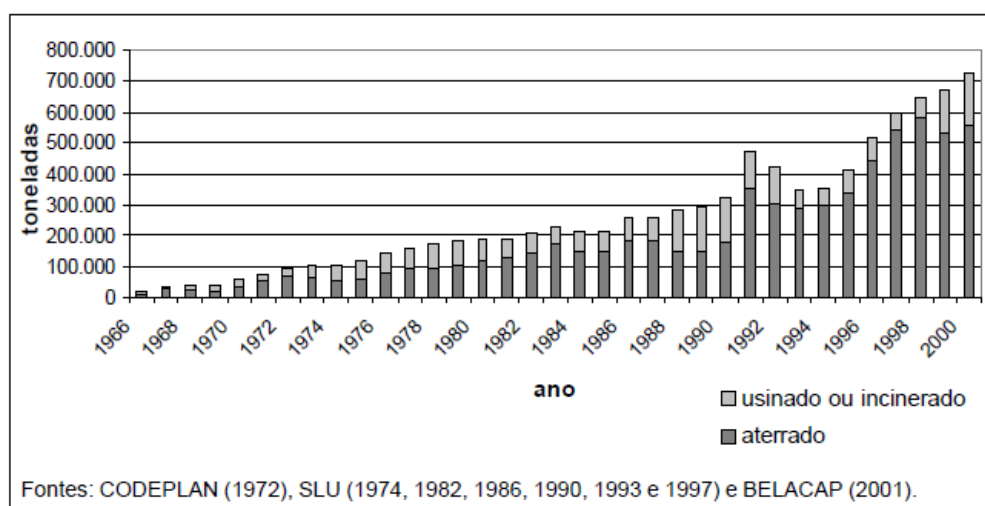


Figura 2.3 – Evolução da produção total anual de lixo no Distrito Federal, no período de 1966 a 2000, com as respectivas parcelas de lixo aterrado.

Estima-se que a massa total de lixo depositada no aterro do Jockey Club desde o início de sua operação até o ano de 1997 seja da ordem de 5 milhões de toneladas (LM;1998 apud CARNEIRO, 2002). Se observarmos a Figura 2.3, levando em consideração o total de lixo aterrado de 1998 a 2000, podemos inferir que a quantidade de resíduo sólido aterrada no Jockey Club, ao final do ano 2000, seja de aproximadamente 7 milhões de toneladas (CARNEIRO, 2002), e hoje conta com mais de 50 milhões de toneladas, devido a contribuição dos RSU e os resíduos da construção civil.

#### 2.2.4. Legislação e Normas

A lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, sendo o seu processo de construção descrito no Decreto no. 7.404/2010, que a regulamentou. Compete à União, por intermédio da coordenação do Ministério do Meio Ambiente, elaborar o PNRS num amplo processo de mobilização e participação social, este possui vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, com atualização a cada 04 (quatro) anos e conteúdo conforme descrito nos incisos I ao XI do Artigo 15 da lei 12.305/2010 (PNRS, 2012).

O novo arcabouço legal brasileiro está interligado com as práticas globais da gestão dos resíduos sólidos, com objetivo, entre outras ações, de: proteger a saúde pública; alcançar uma gestão integrada e ambientalmente eficiente dos resíduos; manter a qualidade ambiental;

adotar, desenvolver e melhorar as tecnologias limpas, para minimizar os impactos ambientais, e reduzir o volume de resíduos perigosos (SMA, 2013).

A gestão de resíduos de acordo com a legislação brasileira possui as seguintes prioridades, nesta ordem: redução, reuso, reciclagem, tratamento e disposição do resíduo. Pode observar que a não geração e a minimização de resíduos são identificadas como prioridades, ao mesmo tempo em que se desestimula a disposição de resíduos, a menos que as alternativas de não disposição tenham sido exauridas (SMA, 2013).

O PNRS (2012) contempla uma grande variedade de temas inter-relacionados, tais como a logística reversa, a coleta seletiva, a atuação dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, a compostagem, a recuperação energética, dentre outros, os quais devem contemplar as prioridades descritas na política nacional, e se referem a questões que apresentam maior impacto nas relações entre entes federados, em especial Estados e Municípios, com reflexos no processo de elaboração dos demais planos de resíduos sólidos pelos entes federados (planos estaduais, interfederativos e municipais).

O Decreto no. 7.404/2010, que regulamentou a PNRS, em seus artigos 53 e 54 estabeleceu o vínculo entre os planos de resíduos sólidos (municipais ou intermunicipais) e os planos de saneamento básico, no que tange ao componente de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos (PNRS, 2012).

As normas não têm força de lei, porém, indicam as ações e parâmetros a serem observados em situações específicas. As principais normas são editadas pela: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, CETESB - São Paulo, FEAM - Minas Gerais, FEEMA - Rio de Janeiro, CPRH - Pernambuco, IAP - Paraná e Órgãos Ambientais de outros Estados (ABLP, 2014).

Com relação às Normas Técnicas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT destacam-se as principais normas relativas a resíduos.

#### Normas ABNT - Resíduos Sólidos NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação

**NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos**

**NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos**

**NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos**

**NBR 10.703** - Degradação do Solo - Terminologia

**NBR 12.988** - Líquidos Livres - Verificação em Amostra de Resíduo

#### Normas ABNT sobre Aterros Sanitários/Industriais

**NBR 8418** - Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos.

**NBR 8419** - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.

**NBR 10.157** - Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação.

**NBR 13.896** - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação.

#### Normas ABNT sobre Tratamento, Armazenamento e Transporte de Resíduos

**NBR 11.174** – Armazenamento de Resíduos

**NBR 11.175** - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - Padrões de Desempenho

**NBR 13.894** - Tratamento no Solo (Landfarming)

**NBR 98** - Armazenamento e Manuseio de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis

**NBR 7.505** - Armazenamento de Petróleo e seus Derivados Líquidos e Álcool Carburante

**NBR 12.235** - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos (antiga NB-1183)

**NBR 11.174** - Armazenamento de Resíduos Classe II - Não Inertes e III - Inertes

**NBR 13.221** - Transporte de Resíduos

**NBR 7.500** - Símbolos de Risco e Manuseio para o Transporte e Armazenagem de Materiais - Simbologia

**NBR 7.501** - Transporte de Cargas Perigosas - Terminologia

**NBR 7.502** - Transporte de Cargas Perigosas - Classificação

**NBR 7.503** - Ficha de Emergência para o Transporte de Cargas Perigosas

#### Características e Dimensões

**NBR 7.504** - Envelope para Transporte de Cargas Perigosas - Dimensões e Utilizações

**NBR 13.786** - Seleção de Equipamentos e Sistemas para Instalações Subterrâneas de Combustíveis em Postos de Serviços

**NBR 13.784** - Detecção de Vazamento em Postos de Serviços.

### **2.3. ESTRATÉGIAS DE REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

O gerenciamento de áreas contaminadas consiste no conjunto de medidas tomadas com o intuito de minimizar o risco proveniente da existência de áreas contaminadas, à população e ao meio ambiente, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas (FEAM,2008 apud RIBEIRO, 2014).

Visando a reabilitação das áreas conforme o uso desejado, o gerenciamento de áreas contaminadas, conforme Resolução CONAMA 420/09 – o qual dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.- ,compreende as seguintes etapas: identificação, diagnóstico, intervenção e monitoramento. Onde na primeira etapa serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base na avaliação preliminar, e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória.

O diagnóstico inclui a investigação detalhada e avaliação de risco, objetivando subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória (caso ainda não haja certeza da contaminação) que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação (VI). A intervenção incide na execução de ações de remediação e controle para eliminação do perigo ou dedução a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, considerando o uso atual e futuro da região. E o monitoramento é o processo final, acompanhamento e verificação da eficácia das ações executadas (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

Os lixões são classificados como área contaminada sob intervenção (Aci), pois devido à falta de qualquer tipo de proteção ao meio ambiente, a contaminação com concentrações de substâncias químicas no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação (VI) é iminente, sendo necessária uma ação imediata de intervenção e remediação do local. A escolha das técnicas de investigação e remediação (Figura 2.4) de uma área contaminada são realizadas em função das características específicas de cada área a ser estudada (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).



As técnicas de remediação e tratamento de solos visam mitigar, extinguir ou neutralizar os impactos decorrentes da degradação e contaminação do solo, atendendo aos padrões legais das concentrações de substâncias, tornando a região livre de riscos à sociedade e ao meio ambiente e viável para reuso em outras atividades. Na aceção da técnica de remediação a ser tomada deve-se considerar o uso pretendido para a área (Resolução CONAMA 420); as características do meio contaminado (as propriedades físicas, geológicas, pedologia e hidrogeologia, a composição química do solo e atmosfera); as características dos contaminantes (estado físico do contaminante e suas propriedades); os objetivos da remediação (metas); da localização da área (infra-estrutura e acesso) e do tempo e recursos disponíveis, para assim definir qual técnica que melhor se adapta ao caso (BERGER, 2012).

A Figura 2.4 apresenta os principais métodos de remediação. Estas são divididas em duas categorias: IN SITU, tratamento do contaminante no próprio solo, sem movimentação do solo e os EX SITU, com remoção do solo.

Os processos IN SITU são preferíveis, pois não envolvem deslocamento de material contaminado, diminuindo os riscos de contaminação de outras áreas; normalmente é realizado em matérias de alta reatividade a presença de oxigênio ou em locais que apresentam condições favoráveis para acelerar o processo de degradação microbiano, além de geralmente sem um processo de baixo custo, comparado com os demais métodos (LIMA, 2005 ; BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

Já os métodos EX SITU, há a remoção da camada de solo. Em geral este tipo de técnica é indicado para solos de baixa permeabilidade, inviabilizando o uso de outras técnicas; estes são divididos em ON SITE onde o material contaminado é removido, mas tratado em estações instaladas no local e o OFF SITE o qual ocorre a remoção do material contaminado (escavação do solo e bombeamento de água subterrânea), se dá geralmente quando é necessário um tratamento específico em laboratório (LIMA, 2005 ; RIBEIRO, 2014). Embora possa pronunciar que o resíduo recebe tratamento IN SITU, na prática, a sua fração com maior potencial de contaminação – chorume, recebe tratamento ON SITE, por sistemas apropriados de tratamento, ou são tratados OFF SITE, conduzidos por caminhões tanques até estas estruturas (LIMA, 2005).

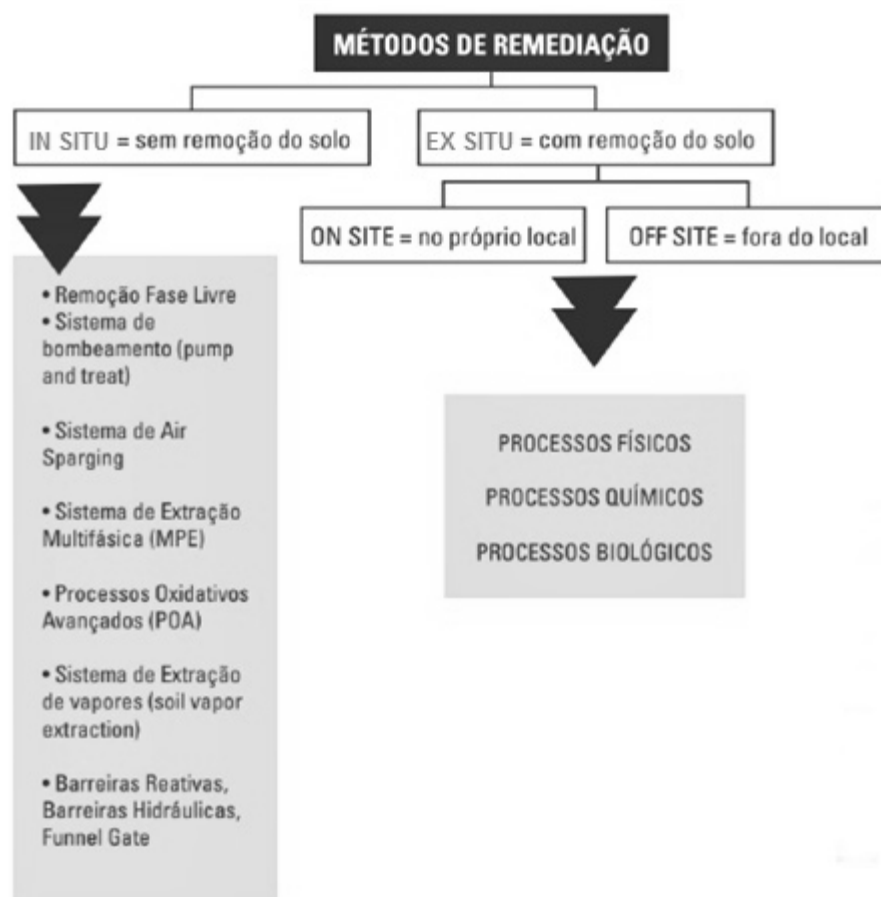


Figura 2.4 – Métodos de Remediação (Fonte: RIBEIRO, 2014 – com modificação)

### 2.3.1. Biorremediação

A biorremediação pode ser definida como uma técnica que procura, por meio dos processos metabólicos dos microrganismos ou suas enzimas, converter os contaminantes em substâncias menos agressivas ao meio ambiente e/ou aceitáveis à saúde humana, no sítio contaminado a ser remediado (CARVALHO, 1997). Estes microrganismos podem ser nativos ou exógenos, aplicados ao solo por inoculação; biorremediação explora a diversidade genética e a versatilidade dos microrganismos para transformação dos contaminantes em produtos finais menos perigosos, os quais se integrarão ao ciclo biogeoquímico natural (Liv & Suflita, 1993 apud CARVALHO, 1997).

No Brasil, a técnica de biorremediação (Figura 2.5) ainda é pouco utilizada, mas promissora e eficiente se utilizada nas áreas contaminadas, pois o Brasil apresenta solos e temperaturas favoráveis para o crescimento microbiano. Outras vantagens é que os produtos utilizados não apresentam risco ao meio ambiente e não são tóxicos; as substância perigosas são degradadas ao invés de apenas transferir o contaminante de um meio para outro. Mas não

é uma solução imediata, a biorremediação necessita de maior entendimento de seu funcionamento e acompanhamento durante todo o processo, além de que muitas moléculas não são biodegradáveis e algumas substâncias tóxicas ao microrganismo inviabiliza o tratamento (RIBEIRO, 2014).

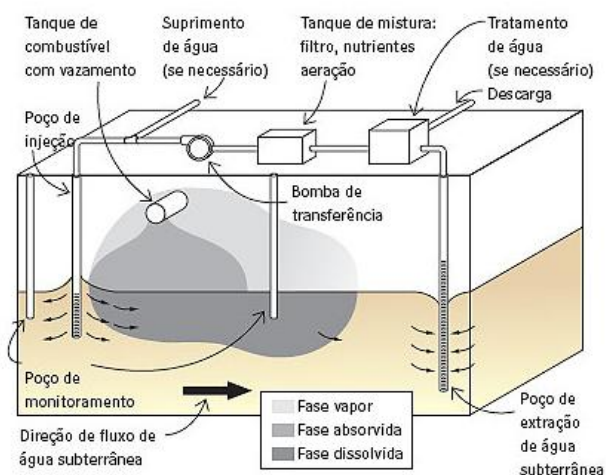


Figura 2.5 – Processo de biorremediação (Fonte: EGLE, 2010)

A técnica de biorremediação pode ocorrer IN SITU, que consiste em estimular e aumentar a atividade de microrganismos, pode-se utilizar os microrganismos autóctones, do próprio local, sem qualquer interferência de tecnologias ativas (biorremediação intrínseca ou natural); através de adição de agentes estimulantes como macro nutrientes (nitrogênio ou fósforo) e biossurfactantes (bioestimulação); inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento); adequação de temperatura (para alcançar a temperatura ótima para desenvolvimento microbiano) e/ou introdução de oxigênio (para estimular os processos aeróbicos), que pode ser feito por: sistemas de tubos ou aspersores (*sprinklers*) ou poços de injeção; bioventilação (*bioventing*) e arperção subaquática (*air sparging*) (DYMINSKI, 2008; BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

#### 2.3.1.1. Bioventilação (*bioventing*)

Bioestimulação por meio da adição de gases estimulantes, como  $O_2$  e  $CH_4$  para aumentar a atividade microbiana decompositora. Trata principalmente de uma extração de vapor do solo, a diferença de pressão provoca a entrada de ar atmosférico no solo, fornecendo a alimentação de oxigênio necessária para a degradação aeróbia de poluentes (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

#### 2.3.1.2. Arperção subaquática (*air sparging*)

É caracterizado pela ventilação da zona saturada com ar fresco. Com perfurações de injeção, os compressores injetam ar na área de água subterrânea contaminada produzindo borbulhamento da água, o qual provoca por arraste a remoção dos contaminantes da água subterrânea (vapor) por volatilização. Ocorre um ajuste de equilíbrio entre os espaços repletos de gás e a fase menos móvel (fase líquida, substâncias dissolvidas, substâncias adsorvidas na fase sólida), carregando o ar, que sobe. O constante fornecimento de ar fresco faz com que a zona saturada seja ventilada reduzindo a concentração de poluentes (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

Também pode ocorrer o biorremediação EX SITU, que incide em escavar o solo contaminado ou bombear a água subterrânea, levá-los a tratamento em reatores em batelada (*slurry phase*) ou em fase sólida (*landfarming*, biopilhas e compostagem); o tratamento EX SITU de solos contaminados via biorremediação é considerado mais sustentável quando comparado com tecnologias de tratamento térmico (emissão de  $CO_2$ ) (BOSCOV, 2008; BERGER, 2012).

#### 2.3.1.3. Compostagem

A compostagem é o processo biológico de decomposição e de reciclagem da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal formando um composto. A compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura dos solos. Esse processo permite dar um destino aos resíduos orgânicos agrícolas, industriais e domésticos, como restos de comidas e resíduos do jardim. Esse processo tem como resultado final um produto - o composto orgânico - que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente (BOSCOV, 2008).

Os produtos da compostagem são largamente utilizada em jardins, hortas, substratos para plantas e na adubação de solo para produção agrícola em geral, como adubo orgânico devolvendo à terra os nutrientes de que necessita, aumentando sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle de erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos.

### 2.3.2. Encapsulamento Geotécnico

Consiste no confinamento, imobilização de um local contaminado (IN SITU) usando barreiras de baixa permeabilidade, que podem ser: coberturas, barreiras verticais e barreiras horizontais. Em geral, é associado a outras técnicas para contenção da pluma de contaminação (BOSCOV, 2008).

#### 2.3.2.1. Coberturas

Camadas de solo compactado de baixa permeabilidade, que impedem a entrada de chuva no material confinado, bem como o escape de gases e o acesso de animais e águas superficiais. O método construtivo geralmente é constituído com solos, mistura solo-aditivo e geossintéticos, idem a coberturas de aterros sanitários (DYMINSKI, 2008; RIBEIRO, 2014).

#### 2.3.2.2. Barreiras Verticais

Impedem o fluxo horizontal de água contaminada, em geral, construídas em todo o perímetro da área contaminada (Figura 2.6), podendo ser: engastadas em camada (natural) de baixa permeabilidade já existente; ou executadas somente à jusante da direção de fluxo subterrâneo; e também podem ser executadas à montante (evitando entrada de água limpa no local contaminado) (BOSCOV, 2008; DYMINSKI, 2008).

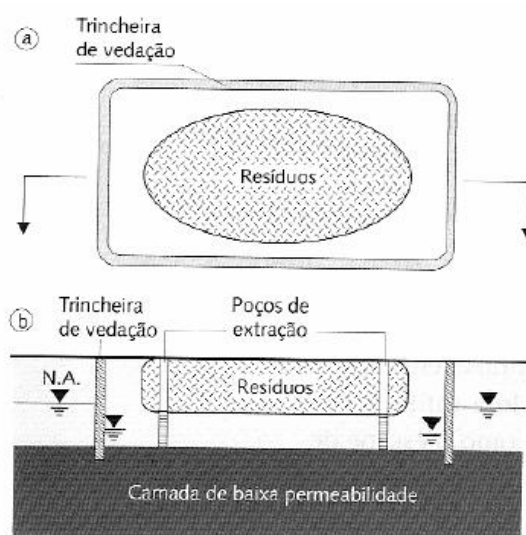


Figura 2.6 - Configuração típica de barreiras verticais para remediação: (a) planta; (b) seção transversal. (Fonte: BOSCOV, 2008)

### 2.3.2.3. Barreiras Horizontais

Funcionamento similar às barreiras verticais, não permitem o fluxo vertical da pluma de contaminação, genericamente instaladas em todo o contorno da área contaminada.

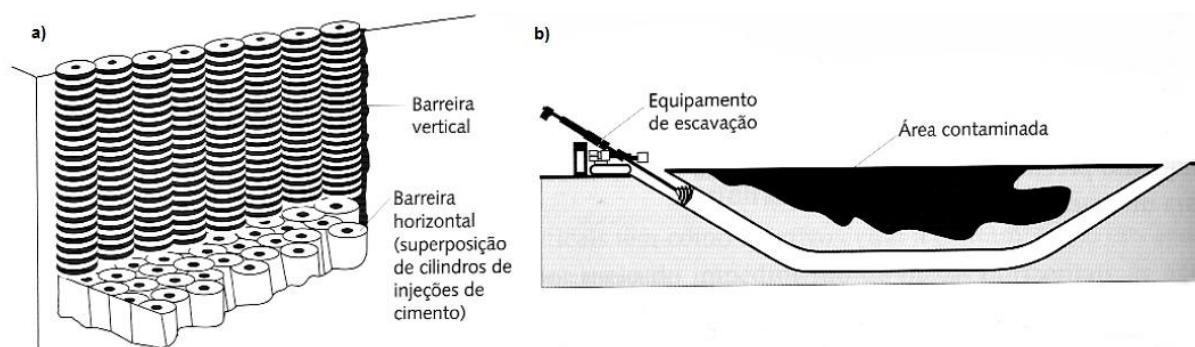


Figura 2.7 - Configuração típica de barreiras horizontais para remediação: (a) barreira horizontal construída por injeções de cimento (*jet grouting*) ; (b) Barreira horizontal construída por perfuração direcionada a partir da superfície (Fonte: a) Grassi, 2005; b) adaptada de *Assessment of Waste Barrier Containment System*, 1997 - apud DYMINSKI, 2008)

### 2.3.3. Extração de vapores

Extração de vapores no solo (SVE) é uma tecnologia de remediação física, empregada para zonas não saturada do subsolo, na qual se aplica vácuo com objetivo de induzir o fluxo controlado de ar e assim remover os contaminantes voláteis e semivoláteis (geralmente oriundos dos constituintes do petróleo e da fabricação de pesticidas, plásticos, tintas, produtos farmacêuticos, solventes e têxteis). A técnica é eficiente em solos de permeabilidade relativamente alta (BOSCOV, 2008; EGLE, 2010).

### 2.3.4. Bombeamento e Tratamento da água

É das mais antigas e utilizadas técnicas de remediação física, o bombeamento e tratamento da água (*pump-and-treat*) têm como escopo capturar a pluma de contaminação, tratando as águas subterrâneas, para posteriormente descartá-las ou reintroduzi-las no aquífero (Figura 2.8). O tipo de tratamento da água dependerá das características dos contaminantes: compostos orgânicos (oxidação ou adsorção em carvão granular ativado); orgânicos voláteis (captura com ar – *air stripping*); metais (precipitação por ajuste de pH). O bombeamento em geral não “limpa” totalmente o solo, sendo necessário outro tipo de processo, a água bombeada é tratada por meio de filtros de carvão ativado ou colunas de stripper (um processo que transfere a massa dos contaminantes voláteis da água para o ar) (BOSCOV, 2008; EGLE, 2010).

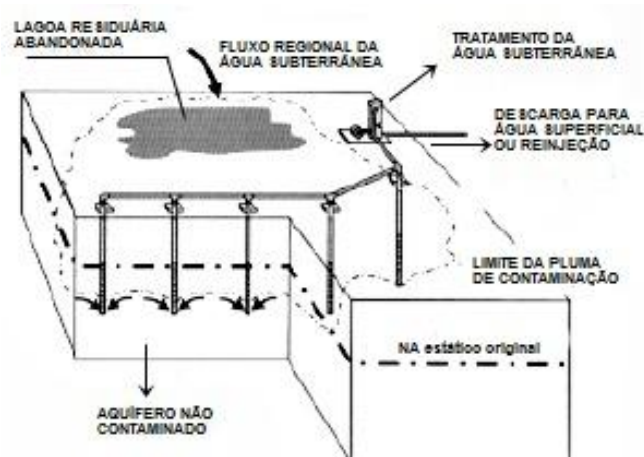


Figura 2.8 – Sistema de bombeamento de águas subterrâneas contaminadas. (Fonte: modificado de Daniel, 1993 apud DYMINSKI, 2008)

### 2.3.5. Barreira Hidráulica

A barreira hidráulica objetiva impedir o avanço da pluma de contaminação, evitando sua chegada a rios e nascentes. Consiste em executar poços ou trincheiras no caminho do fluxo e bombear a água subterrânea contaminada, direcionando-a para o tratamento. A água pode ser descartada ou devolvida ao aquífero no final do processo (BOSCOV, 2008).

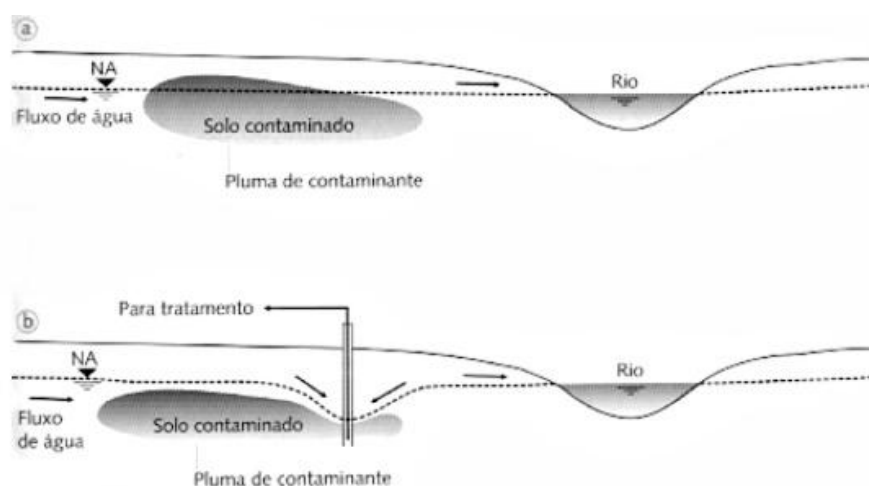


Figura 2.9 – Princípio de funcionamento de uma barreira hidráulica: (a) avanço da pluma de contaminação; (b) inversão da pluma por ação da barreira hidráulica. (Fonte: Campos, 2003 apud DYMINSKI, 2008)

### 2.3.6. Barreira Reativa

O material reativo permeável é introduzido dentro do aquífero de maneira a ser atravessado pela água contaminada, que se move através do gradiente natural, ou seja, o “reator” fica no caminho da pluma de contaminação. Um material bastante usado é o ferro

metálico, que é utilizado para provocar a desalogenação de alguns íons, no contato dos solventes clorados voláteis com a superfície do ferro ocorre uma reação redox, na qual o ferro oxida e os solventes clorados voláteis são reduzidos; com a introdução de elétrons, os íons cloretos são separados dos solventes clorados voláteis passando para a solução. A degradação é abiótica e ocorre diretamente na superfície do ferro (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

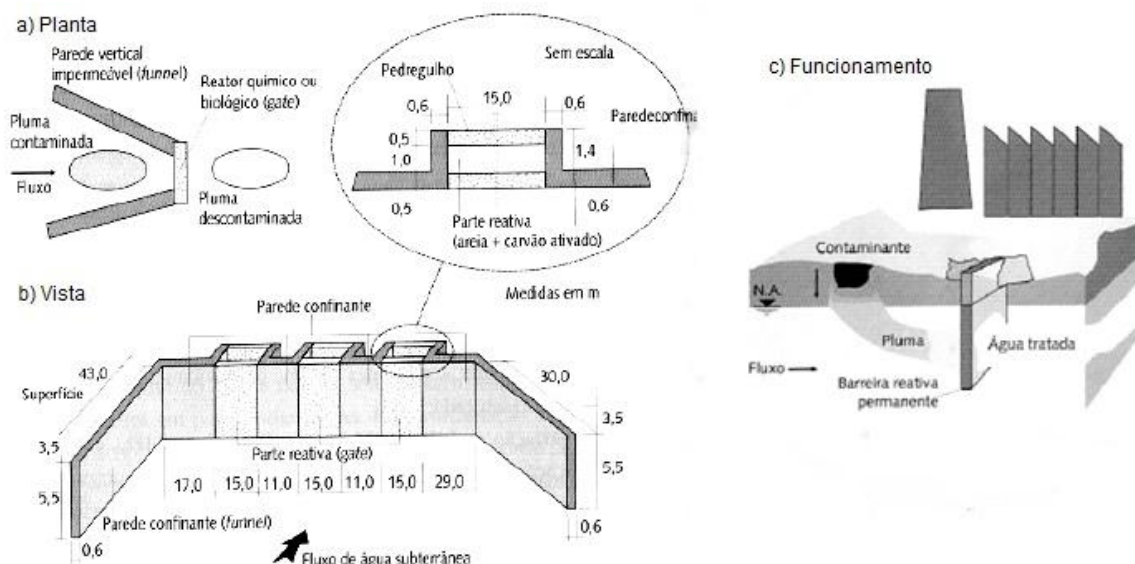


Figura 2.10 – Princípio de funcionamento de uma barreira reativa: (a) e (b) combinação de barreira reativa e paredes diafragma; (c) funcionamento de uma barreira. (Fonte: a) Gusmão, 1999; b) Maia Nobre et al, 2006; c) Di Molfetta e Sethi, 2003 - apud DYMINSKI, 2008)

### 2.3.7. Atenuação Natural

Resposta natural à contaminação, diferentes processos físicos, químicos e biológicos que têm efeito sem a interferência humana e que em determinadas condições pode levar a uma redução de massa, toxicidade, mobilidade, volume e concentração de poluentes no solo e na água subterrânea. Envolve processos destrutivos (biorremediação) e não-destrutivos (sorção, dispersão, diluição) dos contaminantes. Se bem monitorada, pode ser uma boa alternativa de remediação (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

Desses processos fazem parte: degradação biológica (mineralização, humificação, degradação co-metabólica); precipitação; sorção (adsorção, absorção); diluição (dispersão, difusão); evaporação (evaporação, sublimação). Os processos de atenuação natural podem provocar, entre outros, a definição, destruição ou transformação de contaminantes; pode ser aproveitada na remediação do solo, colocando esta em movimento ou acelerando-a (*Enhanced Natural Attenuation*, ENA) ou observando processos que já estão ocorrendo (*Monitored Natural Attenuation*, MNA) (RIBEIRO, 2014).



### **2.3.8. Dessorção Térmica**

Tecnologia de tratamento inovadora para solos, lamas ou sedimentos contaminados com resíduos tóxicos, baseando-se no aquecimento direto do solo (tratamento físico-térmico). Utilizada para separar contaminantes com baixo ponto de ebulição (vaporização). Remoção de contaminantes orgânicos, tais como PCBs, PAHs (hidrocarbonetos poliaromáticos), dioxinas, pesticidas, produtos derivados do petróleo, cianetos e metais pesados tais como o mercúrio (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

O processo consiste em aquecer o solo contaminado por um determinado período de tempo, até uma temperatura suficiente para volatilizar a água e os contaminantes, para posterior tratamento dos gases. (USEPA, 2001 apud RIBEIRO, 2014).

A tecnologia de tratamento através de dessorção térmica é um processo diferente do tratamento por incineração, na dessorção o aquecimento é utilizado para separar fisicamente o contaminante do solo, sendo o ar contaminado extraído do maciço e depois tratado. As vantagens da dessorção térmica em relação ao método tradicional de incineração abrangem três fatores: custo; reutilização do solo e gasto energético. A técnica de dessorção térmica pode ser aplicada tanto no local contaminado (dessorção térmica in situ) ou com extração do solo contaminado (dessorção térmica ex situ) (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

### **2.3.9. Incineração**

Os solos são sobrepujados a altas temperaturas, normalmente em fornos rotativos, para queimar a matéria poluente combustível; aplicável a solos com poluentes orgânicos, mas não servem para eliminar aos metais pesados. Queima-se o material orgânico do solo, que fica biologicamente inerte, inviabilizando o reuso do solo e apresentam o inconveniente de passar os poluentes à atmosfera. Dos diferentes métodos de descontaminação do solo (biológicos ou não biológicos), apenas os biológicos e a incineração permitem a eliminação ambiental dos poluentes orgânicos, através da sua mineralização (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

### **2.3.10. Lavagem do Solo**

Injeção ou aplicação de água ou água contendo algum aditivo no solo para melhorar a solubilidade de contaminantes, que serão extraídos e tratados (BOSCOV, 2008)

### **2.3.11. Solidificação e Estabilização**

A solidificação e estabilização consistem de métodos de remediação que impedem ou retardam a migração dos contaminantes do solo. Métodos de solidificação geralmente não destroem os compostos, apenas os deixam fortemente indisponíveis a reações físico-químicas em blocos compactos (EPA, 2001 apud RIBEIRO, 2014).

A solidificação consiste num processo de pulverização e mistura do solo contaminado com cimento, formando blocos contínuos. A estabilização é o processo onde são adicionados outros compostos químicos que tornam o contaminante menos prejudicial ou menos móvel no ambiente, ou seja, consiste em tornar compostos químicos tóxicos em compostos com menor toxicidade, ou ainda em elementos de menor mobilidade. Solidificação e estabilização são usados frequentemente associados (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

### **2.3.12. Vitrificação**

Processo onde os compostos são permanentemente indisponibilizados em um bloco contínuo de solo vitrificado por forças elétricas (EPA, 2001 apud RIBEIRO, 2014). Pode ser empregada *in situ*/ou *ex situ*, a vitrificação é realizada usando-se eletricidade para fornecer calor (1.600-2.000°C) suficiente ao solo até que este venha a fundir e depois de resfriado sofra solidificação (GWRTAC, 2000 apud RIBEIRO).

A técnica consiste da introdução de quatro eletrodos na área contaminada onde a corrente elétrica é transmitida, derretendo o solo entre eles. Comumente utilizada para imobilização de metais, porém associada a técnicas de extração de vapores pode ser eficiente na extração de compostos orgânicos voláteis (EPA, 2001f apud RIBEIRO, 2014). Neste caso é instalada uma capa cobrindo a área aquecida, coletando os vapores para posterior tratamento (RIBEIRO, 2014).

### **2.3.13. Remediação Eletrocinética**

O processo o qual remove metais e compostos orgânicos de solos com baixa permeabilidade; utiliza-se processos eletroquímicos e eletrocinéticos para liberar contaminantes metálicos e orgânicos polares adsorvidos. Aplicação direta de corrente elétrica de baixa intensidade no solo por meio de eletrodos com arranjo específico, este “choque” elétrico mobiliza espécies eletronicamente carregadas que se deslocam na forma de íons para

os eletrodos. Os mecanismos de transporte envolvidos no interior do solo para um ou outro eletrodo são a eletromigração e a eletroosmose (BOSCOV, 2008; RIBEIRO, 2014).

## **2.4. MONITORAMENTO DE ÁREAS REMEDIADAS**

A melhoria contínua da qualidade do solo de áreas degradadas sob processo de recuperação é fator essencial para promover a conservação do desenvolvimento vegetal, restabelecimento dos mecanismos de sucessão ecológica e aumento da biodiversidade. Em virtude disso, o monitoramento da qualidade do solo assume grande importância nos programas de recuperação de áreas degradadas, tendo em vista a necessidade de verificação da eficiência das operações propostas em propiciar a melhoria das funções produtivas e ambientais do solo (TAVARES et al, 2008).

A avaliação da qualidade do solo é feita pela seleção e análise de um conjunto de indicadores os quais podem incluir características físicas, químicas ou biológicas do solo. A escolha de um método adequado para a análise de dados resultantes da análise dos indicadores é fundamental para identificar mudanças qualitativas no solo resultantes dos processos de intervenção (TAVARES et al, 2008).

De modo geral, sugere-se o uso de métodos integrativos que permitem a análise conjunta dos indicadores e maior facilidade na interpretação dos resultados. As duas principais estratégias usadas são a (i) análise dos dados por meio de ordenações multivariadas ou (ii) por meio de modelos para determinação de índices de qualidade do solo (TAVARES et al, 2008).

O encerramento de lixões e aterros controlados compreende no mínimo: ações de cercamento da área; drenagem pluvial; cobertura com solo e cobertura vegetal; sistema de vigilância; realocação das pessoas e edificações que porventura se localizem dentro da área do lixão e aterro controlado. Considera-se como recuperação de lixões e aterros controlados, além das consideradas no encerramento, as ações de queima pontual de gases, coleta e tratamento de chorume, recuperação da área degradada e compactação da massa, com gerenciamento e monitoramento das áreas contaminadas, plano de encerramento e uso futuro da área (PNRS, 2012).

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar o projeto de remediação. Conceituando termos básicos para o estudo; analisando a legislação vigente; e ponderando os diferentes métodos de remediação.

A Resolução CONAMA 420/09 – o qual estabelece as diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas – propõe as seguintes etapas que foram seguidas no projeto (Figura 3.1):

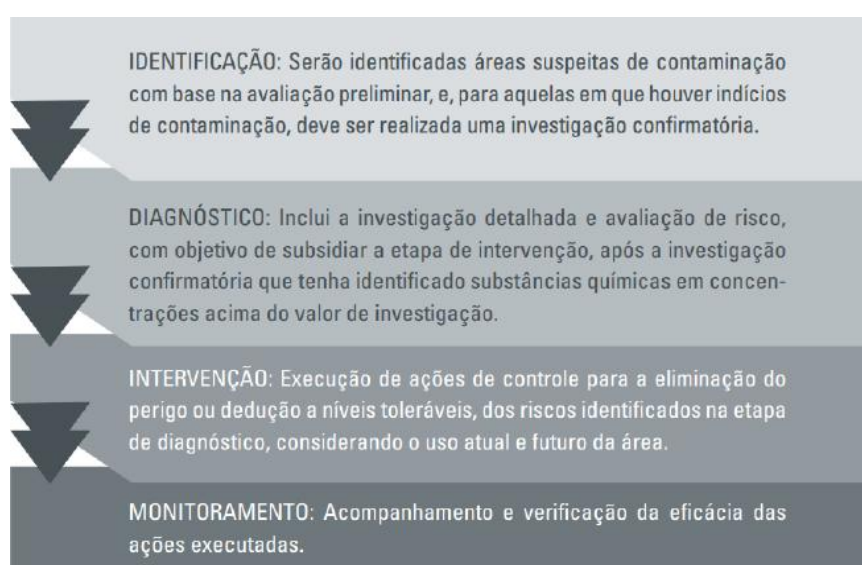


Figura 3.1 – Etapas do gerenciamento ambiental (Fonte: CONAMA 420/09)

A etapa de identificação não é necessária, pois a região do Aterro JCB é classificada como área contaminada sob intervenção (Aci), pois devido à falta de proteção ao meio ambiente, a contaminação com concentrações de substâncias químicas no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação (VI) é iminente, sendo necessária uma ação imediata de intervenção e remediação do local.

O diagnóstico foi realizado com estudos já efetivados no Aterro JCB, detalhando os aspectos físicos, históricos, sociocultural e econômico; além de ressaltar os estudos concretizados em relação ao risco gerado pela pluma de contaminação (chorume) do Aterro JCB. Houve uma dificuldade de obter-se dados mais atuais, pois mesmo os estudos mais recentes, como o de Calvalcante et al (2014), são embaçados em estudos antigos.

O diagnóstico realizado embasou a proposição das alternativas de remediação. De acordo com a revisão bibliográfica e estudo de concepção de outros projetos de remediação, foram levantadas as diferentes alternativas. Visando, em especial, atenuar o risco gerado pela percolação do chorume para contaminação dos córregos vizinhos ao Aterro JCB.

E por fim a proposta da etapa de monitoramento. Neste sentido, os resultados do monitoramento das águas superficiais – em especial do Córrego Cabeceira do Valo e Córrego Acampamento - e do lençol freático do entorno da área remediada, bem como os provenientes do monitoramento dos líquidos percolados do aterro, em suas diferentes fases de tratamento e dos gases produzidos pela digestão anaeróbia dos resíduos sólidos serão avaliados através do conhecimento científico e comparados com os padrões para avaliação da qualidade dos recursos hídricos e para a avaliação da eficiência dos processos biológicos, químicos e físicos de estabilização dos resíduos sólidos e líquidos.

## **4. RESULTADOS E DISCURSÃO**

### **4.1. DIAGNÓSTICO**

#### **4.1.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo**

O Aterro Jockey Club de Brasília (JCB), um dos maiores da América Latina, localiza-se, aproximadamente, a 15° 16' de latitude e a 48° 00' de longitude oeste (Anexo 1). Está situado na porção centro-oeste do Distrito Federal, em um alto topográfico, a uma altitude aproximada de 1120m. Este possui uma localização estratégica considerando os principais núcleos urbanos do Distrito Federal, o que resulta em facilidades no que tange a problemas de transporte dos resíduos (JUNQUEIRA, 2000; SANTOS, 2004).

Está limitado a oeste pela nascente do Córrego Cabeceira do Valo, afluente do córrego Vicente Pires, pertencente à bacia hidrográfica do Riacho Fundo, tributário do Lago Paranoá. Limita-se também a oeste e a ao sul pela “Vila Estrutural” cidade com cerca de 40.000 mil moradores, e a nordeste faz divisa com o Parque Nacional de Brasília (PNB), área de preservação ambiental onde nasce o Córrego do Acampamento, próximo à fronteira do Parque com o aterro, ou seja, se situa no divisor de duas bacias que deságuam no Paranoá - futura fonte de abastecimento de Brasília: o córrego do Acampamento, no Lago Norte, e Cabeceira do Valo, no Lago Sul (Figura 4.1) (KOIDE e BERNARDES, 1998; SANTOS, 2004).

Ao sul encontra-se a Rodovia Estrutural (EPCL- DF – 095/BR 070), acesso principal ao Aterro do Jockey Club, conhecida como Via Estrutural, que liga o Plano Piloto à cidade de Taguatinga; o desvio à margem direita dessa rodovia permite o acesso à Vila Estrutural e à sua entrada principal.

A área destinada à implantação e operação do aterro tem um formato trapezoidal (Figura 4.2), com área inicial de 174 ha, posteriormente expandida para cerca de 190ha, sendo utilizado a mais de 50 anos. Atualmente, existe uma cerca que separa a área de disposição de resíduos de suas adjacências. Uma porção sul da região, que já fez parte do aterro, encontra-se, há alguns anos, invadida por famílias de baixa renda.

#### **4.1.2. Aspectos Históricos e Culturais**

O Distrito Federal apresenta um perfil diferenciado em relação às demais localidades brasileiras. Com histórico de expressiva taxa de migração, novos acampamentos foram se formando ao longo dos anos nas proximidades de Brasília e núcleos periféricos foram sendo

paulatinamente, criados como forma de impedir o crescimento desordenado no centro. Esses núcleos periféricos são, de fato, cidades dependentes de Brasília e são os locais onde vive a população de renda mais baixa (SLU/GDF, 2014).

O principal local de deposição de resíduos no DF é o Aterro Jockey Club de Brasília (JCB), também denominado como Lixão da Estrutural, sua história está atrelada ao surgimento da própria cidade. Embora seja classificado pelo GDF como um “aterro controlado”, não passa de uma disposição final de forma totalmente inadequada, visto não contar com impermeabilização que previna a contaminação do solo e do lençol freático, com a qual deve contar um aterro controlado (item 2.2.1). Além disso, não há qualquer controle do sistema de drenagem superficial ou subterrâneo (ADASA, 2008).



Figura 4.1 - Área intermediária do Aterro JCB e ao fundo Córrego do Valo.

O lixão foi criado após a inauguração de Brasília, em meados de 1960 e os primeiros barracos de catadores de lixo surgiram alguns anos depois. Na década de 1990 já havia quase 100 famílias morando nas proximidades deste. Dessa invasão surgiu a Cidade Estrutural, que recebe este nome devido à proximidade com a Rodovia Estrutural (EPCL- DF – 095/BR 070), que é o acesso para a mesma (GDF, 2011 apud SANTOS et al, 2012).

Durante as décadas de 1970 e 1980 a invasão pouco se expandiu, não afetando expressivamente o entorno do Parque Nacional de Brasília. A partir de então, a ocupação foi se consolidando devido ao crescimento do número de catadores e à fixação de pequenas chácaras (plantio de subsistência) ao longo do córrego Cabeceira do Valo. Em 1993 foram cadastradas 393 famílias residentes, das quais 149 sobreviviam da atividade de catação de lixo. Já em 1994 o número de famílias residentes duplicou e passou para cerca de 700 (ADASA, 2008).

No final de 1994, a invasão sofreu significativo processo de ocupação ainda de forma desordenada. De julho de 1997 a setembro de 1998, o Governo desencadeou a Operação Tornado, coordenada pela Polícia Militar do DF, visando defender a propriedade do GDF e preservação do meio ambiente. Desde então, diversos projetos de fixação da Vila foram apresentados à Câmara Legislativa (ADASA, 2008).

Em 1998, parte da área foi destinada ao Setor Complementar de Indústria e Abastecimento– SCIA, com cerca de 980 lotes. Em 1999 a Secretária de Desenvolvimento Urbano e Habitação – SEDUH cadastrou 3.967 famílias. E em 2003, realizou um novo levantamento socioeconômico dos moradores, que totalizou 25.132 habitantes, adotando-se a média de 4,06 moradores por unidade domiciliar (ADASA, 2008). Atualmente a Cidade Estrutural tem passado por valorização, pois é a aglomeração urbana mais próxima de Brasília entre todas as cidades do Distrito Federal, possui cerca de 40 mil habitantes (GDF, 2014).

O Distrito Federal produziu 851.206 toneladas de resíduos sólidos no ano de 2013, segundo a SLU; onde a maior parcela é destinada ao Aterro Jockey Club, diariamente são aproximadamente 2700 toneladas de resíduos sólidos urbano são lançadas no aterro sem os devidos cuidados técnicos e mais 6000 toneladas de resíduos da construção civil, o qual poderiam ser reciclados, são misturados ao restante dos resíduos, agregando volume ao lixão e não tendo reaproveitamento (SLU, 2014; CB, 2014).

Inicialmente, no período de 1977 a 1978 (Figura 4.2), o resíduo sólido urbano era disposto a céu aberto em trincheiras pelo método de rampas, onde o próprio solo retirado para a abertura de uma célula era usado para cobrir a célula adjacente já utilizada. A profundidade das trincheiras variava em 2 a 4 metros, e o resíduo depositado era compactado e recoberto com uma camada de solo de aproximadamente 50 cm de espessura. Esta área hoje se encontra fora dos limites atuais do Aterro JCB, sendo habitada por moradores que utilizam água de



poços. Estudos realizados nessa área indicaram a contaminação do lençol freático subjacente e indícios de que a pluma de contaminação do lençol proveniente da porção nordeste dessa parte antiga movimenta-se na direção do Córrego do Acampamento (KOIDE e BERNARDES, 1998; SANTOS, 1996).

De 1978 a 1995 a deposição dos resíduos se desdobrou nas direções nordeste e sudoeste (próximo ao vale do córrego Cabeceira do Valo), sendo considerada a porção intermediária do Aterro. Os resíduos foram depositados em valas com 20 a 30 m de largura, 100 a 80 m de comprimento e 2 a 3m de profundidade. No início de 1995, a disposição do resíduo sólido no aterro cobriu completamente a área intermediária, sendo observado o prolongamento da área de deposição em direção à porção norte do Aterro Jockey Club (CAVALCANTI, 2013).

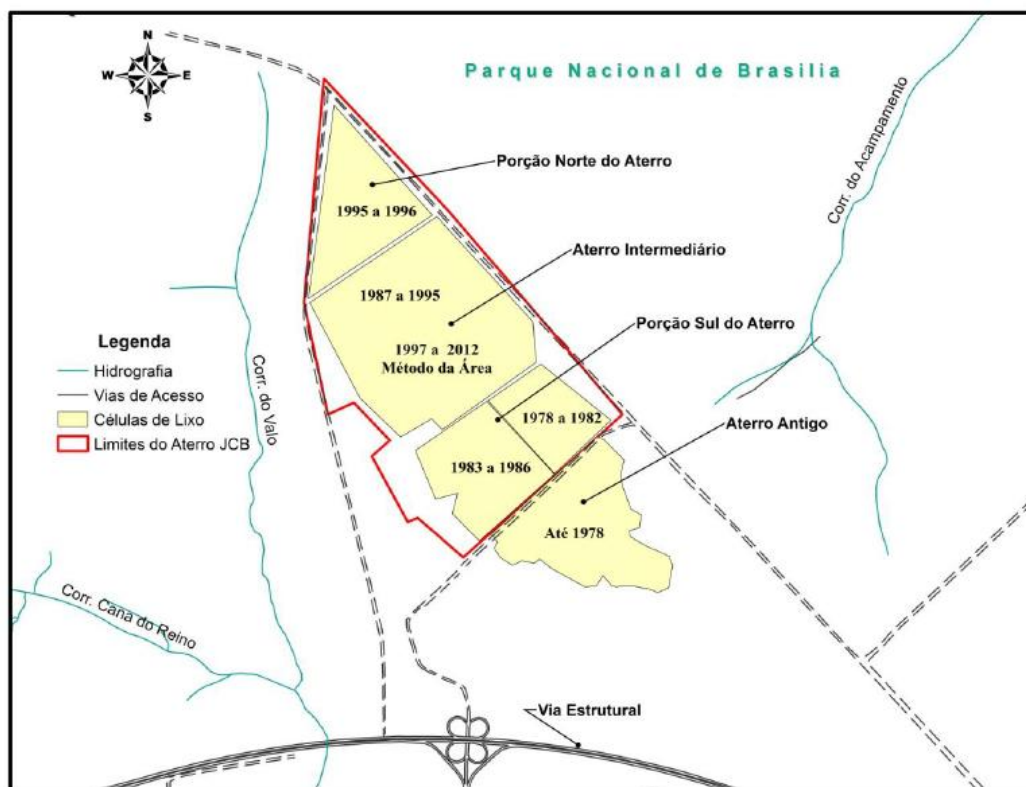


Figura 4.2 - Deposição temporal do resíduo sólido na área do Aterro do JCB (SANTOS, 1996 - adaptado).

De 1995 a 1996 a porção norte foi completamente coberta pelo depósito de resíduos. Conforme Koide e Bernardes (1998) relatam, a espessura das camadas de resíduos sólidos urbanos nesta região eram superiores as porções mais antigas, devido à escassez de área disponível e parte das áreas naquela época permaneciam longo tempo sem recobrimento, causando problemas na concentração de vetores, animais e catadores transitando na área, além

da tal prática favorecer a infiltração da precipitação, gerando maiores quantidades de percolado, propagando mais facilmente a contaminação. De 1996 até hoje, parte da porção intermediária, é utilizada para a deposição do resíduo sólido urbano, através do “método da área”, que o empilhamento desse resíduo em tronco piramidal (CAVALCANTI et al, 2014).

Durante todas as fases operacionais do aterro a impermeabilização de base, quando ocorreu, foi realizada apenas com compactação descontrolada do solo de fundação, sem qualquer tipo de projeto ou mesmo sem o uso de equipamentos adequados. Nenhum tipo de sistema de drenagem foi implantado, salvo a partir de 1999, quando foram instalados sistemas de drenagem de chorume e de gases, mas somente abrangendo os resíduos sólidos urbanos que foram depositados a partir dessa época. Toda a área continua sem qualquer tipo de impermeabilização (JUNQUEIRA, 2000).

Por fim, com a utilização praticamente total da área disponível, o lixo produzido nos últimos anos vem sendo depositado sobre as camadas já aterradas nas porções norte e intermediária do aterro do Jockey Club. Hoje, podem ser observadas grandes “montanhas” de lixo compactado (Figura 4.3), as quais permanecem em sua maior parte, longos períodos sem recobrimento. A área total degradada pela deposição de resíduos sólidos, incluindo a porção antiga do aterro, pode ser estimada em aproximadamente 200 hectares (CARNEIRO, 2002).



Figura 4.3 - .Área intermediária do Aterro JCB e ao fundo Parque Nacional de Brasília.

#### **4.1.3. Aspectos Econômicos e Sociais**

O Distrito Federal produziu 851.206 toneladas de resíduos sólidos no ano de 2013, onde a maior porcentagem é designada ao Aterro JCB; este gera um gasto anual de R\$13 milhões; os resíduos são depositados no local e a separação é feita por aproximadamente 2,7 mil catadores; estes se concentram na área de descarga para realizar a última triagem e retirar o maior volume possível de materiais reaproveitáveis, e muitas vezes sobrevivem dos resíduos depositados no aterro controlado (SLU, 2014; CB, 2014).

No caso das áreas da Vila Estrutural e do Aterro JCB é importante destacar o interesse social envolvido, pois esta possui população de baixa renda, e sofre pressões de ocupação urbana, e ao mesmo tempo não apresenta grandes atributos para a conservação da biodiversidade. No Aterro os catadores além das ameaças de contaminação por doenças, também estão diariamente expostos a graves acidentes, sem equipamentos de proteção individual apropriado para os trabalhos e condições insalubres de trabalho (ADASA, 2012).

A renda dos trabalhadores do lixão varia entre R\$ 300 e R\$ 1.5 mil por mês, podendo estar associados a cooperativas ou autônomos. Para participar de uma cooperativa, o catador não pode ter carteira de trabalho assinada ou ser aposentado, deve viver exclusivamente da catação no aterro, e ser maior de idade. Um termo de compromisso é assinado e mensalmente os participantes podem colaborar com a quantia de R\$ 7, mas não é obrigatório (CB, 2014).

O pilar básico do modelo de inclusão social previsto para o Plano Diretor de Resíduos Sólidos para o Distrito Federal (2008) é a regulamentação profissional do setor informal de gestão de resíduos (catadores e carroceiros). Para isso, o Órgão Ambiental competente em matéria de resíduos, procederá à: Regulamentação da profissão (estabelecimento de um regime de trabalho e de seguridade e saúde); regulamentação das entidades cooperativas e outros modelos de associação empresarial; desenho e implementação de um programa de formação profissional; entre outras ações (PDRSD/GDF, 2008).

Quando estas condições estiverem estabelecidas, será potencializada a possibilidade das cooperativas de catadores e carroceiros, autorizadas pelo Órgão Ambiental Competente em Resíduos, optem a contratos de coleta seletiva e reciclagem dentro do modelo do serviço público de saneamento (PDRSD/GDF, 2008).

#### 4.1.4. Aspectos Físicos e Ambientais da área de estudo

##### 4.1.4.1. Clima

Conforme a classificação de Köppen, o clima de Brasília é definido como tropical de Altitudes (Cwa), tendo duas estações bem nítidas: o verão, caracterizado por período de chuvas que se estendem de outubro a abril, e o inverno, caracterizado por secas que se estendem de maio a setembro, característica do clima tropical semiúmido. Com os seguintes parâmetros principais: precipitação média anual em torno de 1300 mm; temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C e as diferenças altimétricas condicionam uma diferenciação de temperatura na região (JUNQUEIRA, 2000; PELUSO, 2006).

Um melhor detalhamento das características climáticas dessa área em estudo pode ser efetuado utilizando-se alguns dados registrados na estação Brasília do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), próximo ao aterro do Jockey Club e, portanto, os registros meteorológicos apresentados podem ser extrapolados para a área em questão. Tais dados (Figura 4.4) provêm de uma série histórica contínua de 1963 (quando a estação começou a operar) a 1990, preenchendo um período de quase trinta anos de análise (CARNEIRO, 2002).

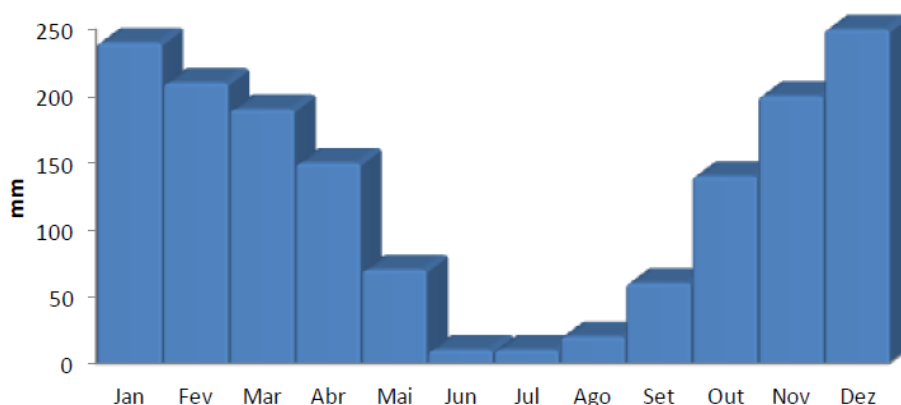


Figura 4.4 - Totais mensais de precipitação pluviométrica – Estação Brasília. Fonte: Baptista, 1998.

Há uma tendência natural de secas rigorosas já que, no inverno, a porção central do Brasil fica sob influência da Massa Polar Atlântica. De outubro a abril, temos a estação chuvosa (80% do total de chuvas anuais concentram-se neste período), a umidade relativa do ar é sensivelmente elevada em comparação com o período de seca, bem como a temperatura, sendo que no verão as médias mensais podem atingir 300 mm. Os dados da Figura 4.4 - comprovam essa tendência (PELUSO, 2006; CAVALCANTI, 2013).



#### 4.1.4.2. Vegetação

A vegetação que cobre maior porcentagem da área do Distrito Federal é o cerrado, sendo encontrados todos os tipos de vegetação englobados pelo termo - cerradão; cerrado típico; cerrado ralado; campo sujo; campo limpo; mata ciliares e de galeria; veredas, campos rupestres e campos de murundus (PELUSO, 2006).

O cerrado é composto por árvores baixas, inclinadas, tortuosas com ramificações irregulares e retorcidas. As folhas são rígidas e os troncos possuem casca bastante grossa. As raízes são profundas, devido à profundidade do nível freático (CODEPLAN, 1984 apud CAVALCANTI, 2013). Na região entre o Aterro JCB e o Parque Nacional de Brasília (PNB), predomina a vegetação dos Campos de Cerrado, na sua variação Campo Limpo. Tendo ocorrência nas áreas mais elevadas e geralmente sobre Latossolos vermelhos argilosos e em topografia suave (Plano de Manejo do PNB, 1979. op. cit. ABREU, 2001). A oeste do Aterro JCB áreas de cultivo de hortaliças e de reflorestamento (Figura 4.5).

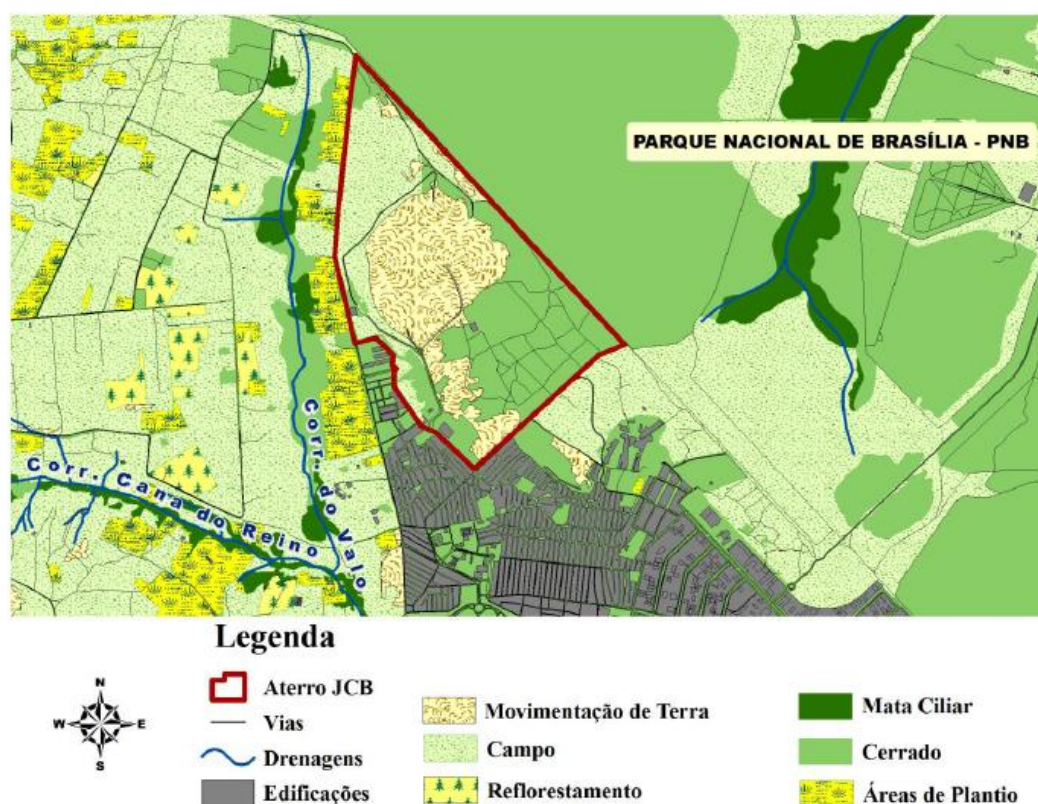


Figura 4.5 – Mapa com o tipo de vegetação e drenagens nas proximidades do Aterro JCB (CAVALCANTI, 2013).

#### 4.1.4.3. Geomorfologia e Geologia

A área do Distrito Federal está compreendida pelo Planalto Central Goiano, na qual se encontra as maiores cotas altimétricas da Região Centro-Oeste. Em função delas, divide-se área do Distrito Federal em quatro compartimentos geomorfológicos: pediplano de Contagem-Rodeador, pediplano de Brasília, depressões interplanálticas e planícies aluviais e alveolares (PELUSO, 2006).

Conforme o mapa de compartimentação geomorfológica do Distrito Federal (

Figura 4.6), a região do Aterro Jockey Club está associada à Depressão do Paranoá, sendo caracterizada por um relevo suave ondulado com declividade menor que 10%, restrita amplitude topográfica, presença de rampas longas e predominância de pedogênese sobre o transporte e deposição. Exibe interflúvios constituídos por afloramentos de ardósias e/ou quartzitos com ocorrências de laterita e fragmentos de quartzo (NOVAES-PINTO, 1994 apud CAVALCANTI, 2013).

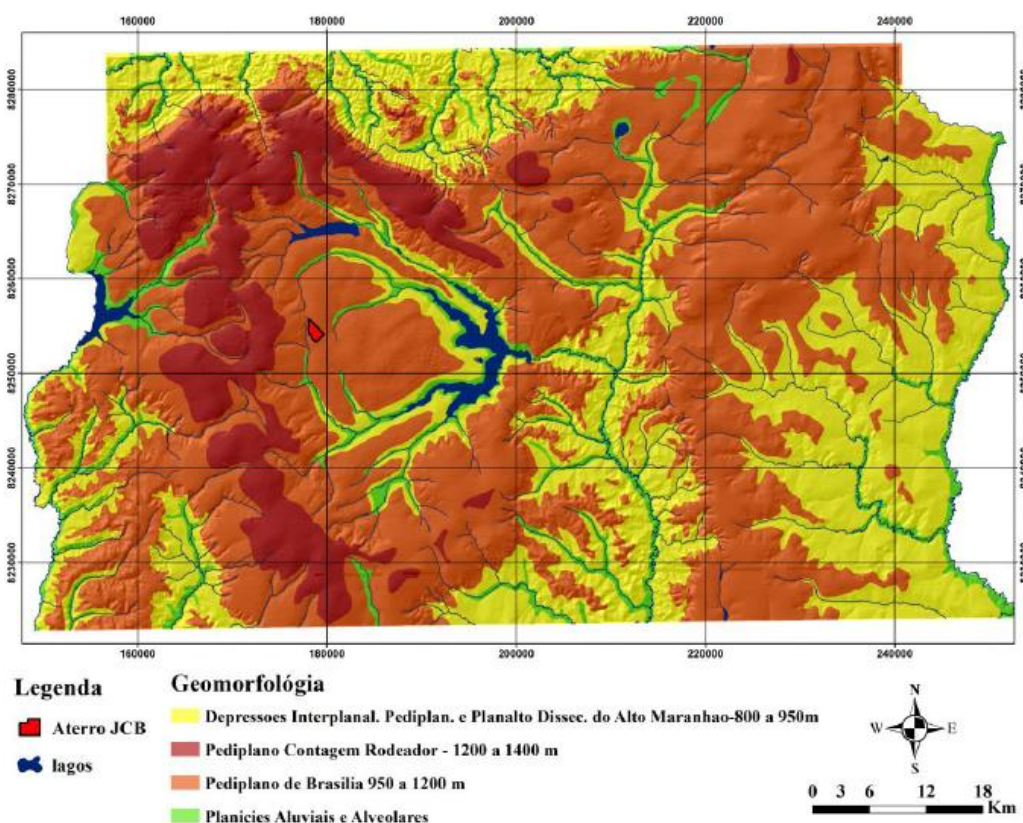


Figura 4.6 – Mapa de Compartimentação Geomorfológica do DF. Adaptado -Embrapa, 1998.

O Aterro do Jockey Club está situado sobre rochas do Grupo Paranoá, onde os litotipos que compõem essa litofácies são capeadas por um espesso latosso argiloso. A formação litológica da área do Aterro é caracterizada por ardósias roxas (alteradas) ou cinza esverdeada (não alterada), com ocorrências de quartzitos dentro do conjunto das ardósias (CARNEIRO, 2002). Pereira et al. (1997) detectaram falhas, a partir de sondagens e mapeamento da região, propondo um perfil geológicogeotécnico para o aterro; os planos de falha parecem concordar com o sistema de alinhamento NE, que condiciona o direcionamento de alguns rios, como o Córrego do Acampamento.

A presença de falhas da área do Aterro JCB, torna ainda mais delicada à questão da propagação de contaminantes - onde o plano de falha parecem concordar com o sistema de alinhamento NE- que condiciona o direcionamento de alguns corpos d' água, como o Córrego do Acampamento, uma vez que o falhamento expõe rochas arenosas, originalmente intercaladas às ardósias. A maior permeabilidade das rochas arenosas, aliada ao plano preferencial de escoamento (permeabilidade secundária causada pelo tectonismo) tornam-se caminhos potenciais de infiltração de contaminantes, podendo vir a comprometer as camadas mais profundas de água subterrânea (PEREIRA, 1997; JUNQUEIRA, 2000; SANTOS, 2004).

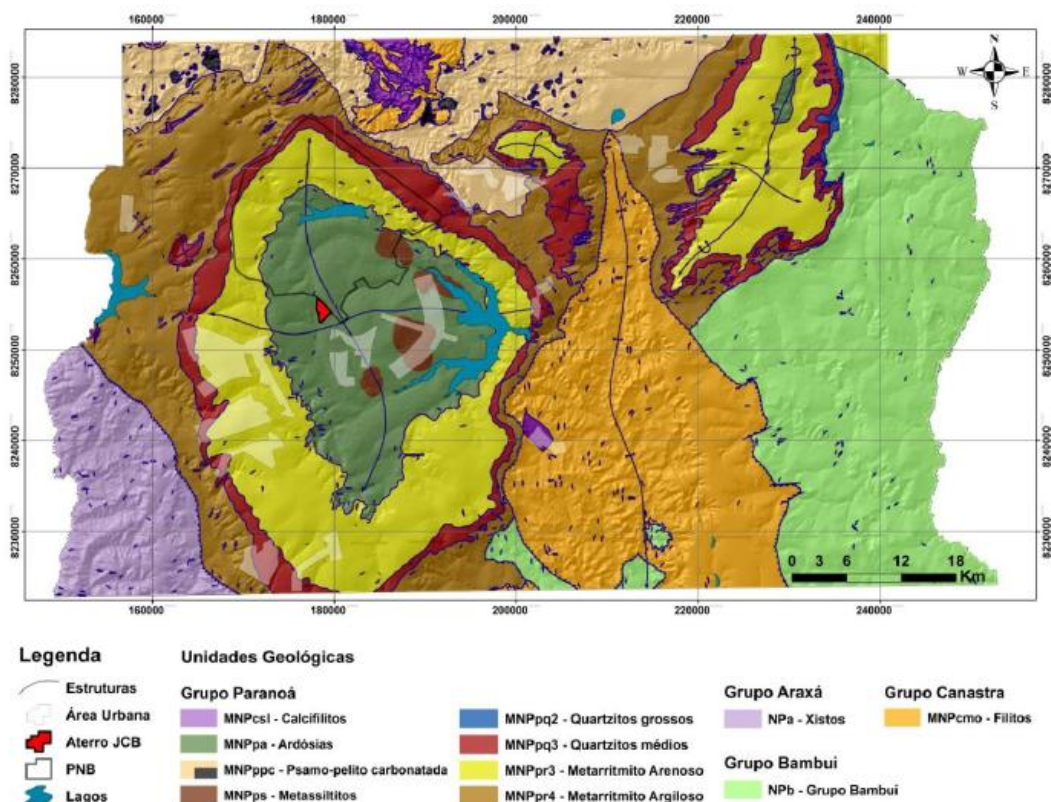


Figura 4.7 – Mapa Geológico do Distrito Federal (Adaptado de Freitas e Campos).



#### 4.1.4.4. Pedologia

Os solos do Cerrado são muito intemperizados, mediantemente ácidos (CORRÊA, 2009) e apresentam baixa disponibilidade de nutrientes para os vegetais. Na região de Brasília predominam três classes de solos, com seus percentuais de presença, denominadas de Latossolo Vermelho (LV - 38,63%), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA - 15,84%,) e Cambissolo (C - 31,02%,) (MARTINS et al., 2004 apud CAVALCANTI, 2013).

Os Latossolos representam 54,47% da área, tendo o LV com ocorrências em topos das chapadas, divisores com topos planos, na Depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto, e o LVA ocorrendo nas bordas de chapadas e divisores, em superfícies planas, abaixo de topos da chapada da Contagem, sempre adjacente à classe LV. O Cambissolo ocorrendo nas vertentes das bacias mais importantes: do Maranhão, do Descoberto e do São Bartolomeu, além das encostas com declividades mais elevadas na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto. As outras classes de solos apresentam-se com 9,06% do total da Região de Brasília/DF (MARTINS et al., 2004 apud CAVALCANTI, 2013).

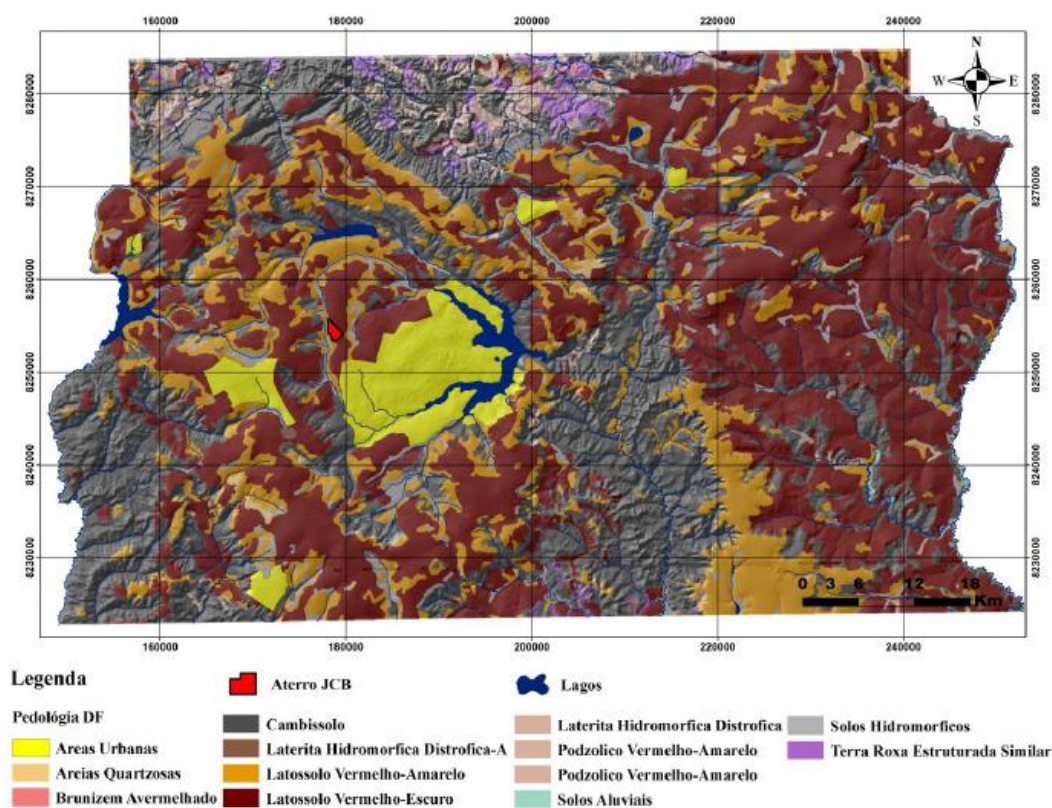


Figura 4.8 – Mapa Pedológico Simplificado do DF (EMBRAPA, 1978)



Pereira et al. (1997) na elaboração de estudos geológico-geotécnico na área do aterro Jockey Club, constataram a ocorrência de quatro tipos de solo: o Latossolo Vermelho, predominante no local, com espessuras variáveis entre 10 a 15 metros em solo residual laterítico, e com espessuras entre 15 a 25 metros quando solo é coluvionar laterítico, ambos com porosidade elevada e variação de permeabilidade entre  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  cm/s, tendendo a diminuição dos valores com a profundidade. É relatada a presença de nível laterítico descontínuo (cascalho marrom escuro), ocorrendo no topo dos solos saprolítico e na zona de oscilação do nível freático, com espessura média de 2 metros. Há ocorrência de solo saprolítico de coloração roxa, marrom e branca, caracterizado por baixa porosidade e permeabilidade de campo inferior a  $10^{-6}$  cm/s, originado de rochas ardósianas da Fácies Ardósia da Sequência Depositional Paranoá. E o solo Saprolítico de quartzito (na porção sudoeste do Aterro JCB) derivado de rochas quartzíticas, com permeabilidade entre  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s.

De acordo com Franco (1996), na região do Aterro do JCB o desenvolvimento do solo é bem estruturado sobre as ardósias, com o perfil da base para o topo: embasamento ardósiano, camada de solo saprolítico alterando para um nível laterítico com espessura entre 1 a 4 metros e na superfície um solo homogêneo com espessura média entre 8 a 15 metros. A principal característica da camada de latossolo que recobre a área do aterro Jockey Club é sua alta porosidade (atingindo valores  $<60\%$ ), com variação de textura e composição mineralógica, com pouca variação do teor de argila e alto teor de ferro e alumínio, associada ao processo de intemperismo químico predominante em toda região (JUNQUEIRA, 2000).

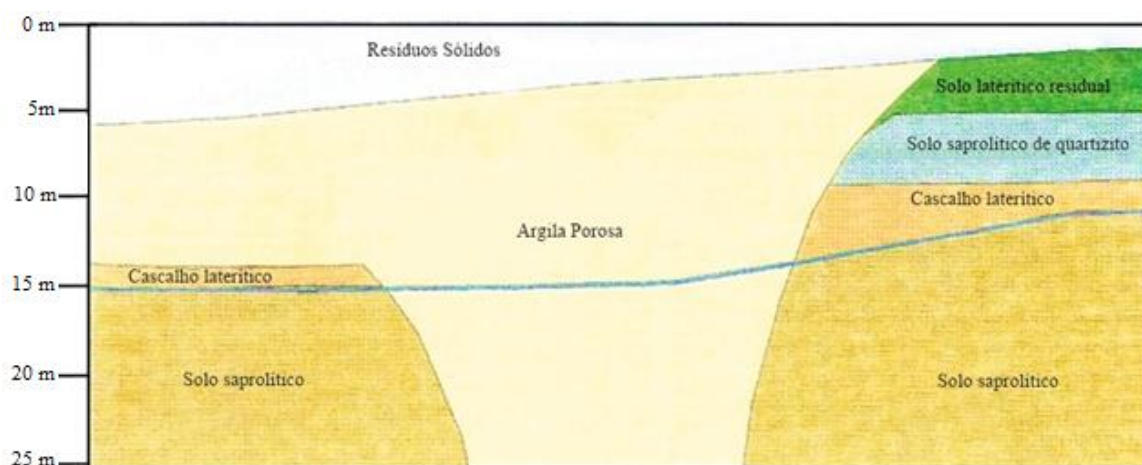


Figura 4.9 – Perfil esquemático do solo na região central do Aterro JCB (JUNQUEIRA, 2000 – adaptado)

Bernardes et al (1999) utilizando sondagens mecânicas efetuadas, elaboraram um modelo das seções geológico-geotécnicas da área do aterro (Figura 4.10). O modelo aborda quatro tipos de solos, com as respectivas características:

- Solo residual laterítico e solo coluvionar laterítico: constituído de camadas de argila arenosa, vermelha-escura, com elevada porosidade, a qual diminui com a profundidade. Valores de permeabilidade variando entre  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  cm/s em função da profundidade e distribuição espacial. A espessura desta camada é variável para o solo residual laterítico, variando entre 10 a 15 metros, e para o solo coluvionar laterítico variando entre 15 a mais de 25 metros.
- Solo de cascalho laterítico: composto basicamente por cascalho, apresentando  $N_{SPT}$  geralmente elevado, de 12 a 45 golpes. A espessura desta camada é aproximadamente 2,0 metros, não sendo contínua e encontrando-se no topo dos solos saprolíticos e na zona de oscilação do nível freático.
- Solo saprolítico de ardósia composto por silte argiloso de com baixa porosidade, apresentando valores de permeabilidade de campo inferiores a  $10^{-6}$  cm/s. Solo saprolítico de quartzito composto essencialmente por areia fina amarela/ branca, com  $N_{SPT}$  elevado (12 a impenetrável) e valores de permeabilidade com magnitude da ordem de  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s.

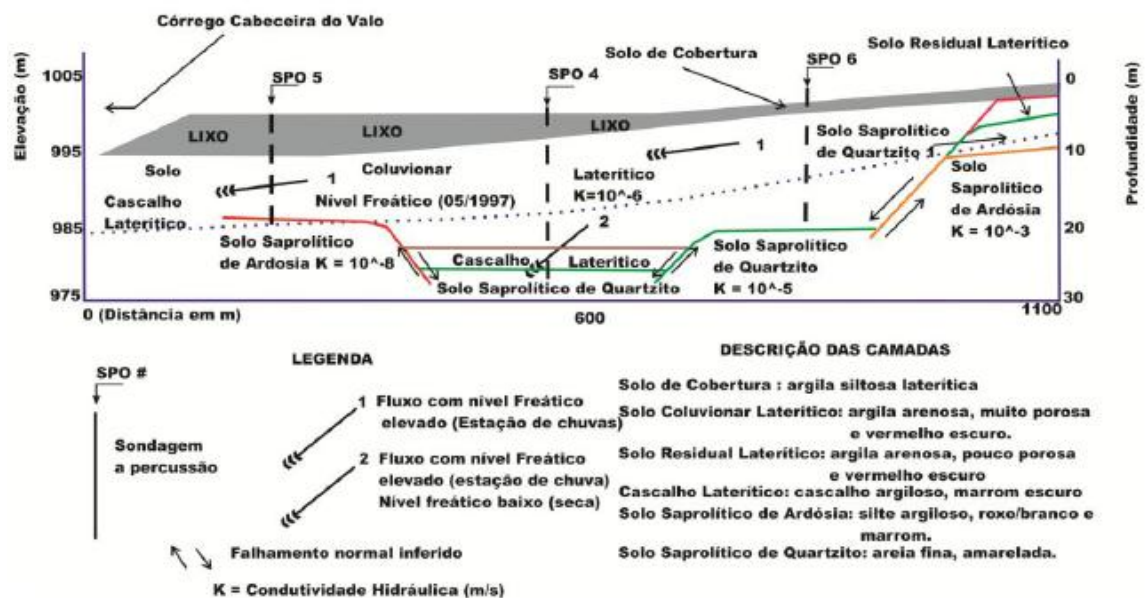


Figura 4.10 – Seção geológico-geotécnica do Aterro JCB. Sentido oeste para leste (BERNARDES et al, 1999).

#### 4.1.4.5. Hidrogeologia

No Distrito Federal, as águas subterrâneas têm função estratégica na manutenção das pequenas vazões dos cursos d'água superficiais locais, uma vez que se trata, basicamente, de uma região de nascentes; o mesmo é drenado por rios que pertencem a três importantes bacias fluviais brasileiras: bacia do Tocantins (bacia Amazônica); bacia do São Francisco; e bacia do Paraná (bacia Platina), sendo todos os seus rios de planalto e a altitude dos divisores de água da ordem de 1200 à 1300 m (Figura 4.11). Por estar localizado nesta posição de centro dispersor de águas, apresenta drenagens de pequeno porte, de primeira até terceira ordem (Barros, 1993 apud SANTOS, 2004).

Com o crescimento da cidade e aumento do consumo de água, a demanda da rede hídrica superficial está próxima do colapso. Outra opção conjecturada é o Lago Paranoá, que será usado para ampliar oferta de abastecimento de Brasília, visto que a captação em mananciais superficiais do Distrito Federal, isoladamente, não esta sendo capaz de atender à demanda (Barros, 1993 apud CARNEIRO, 2002; SANTOS, 2004).

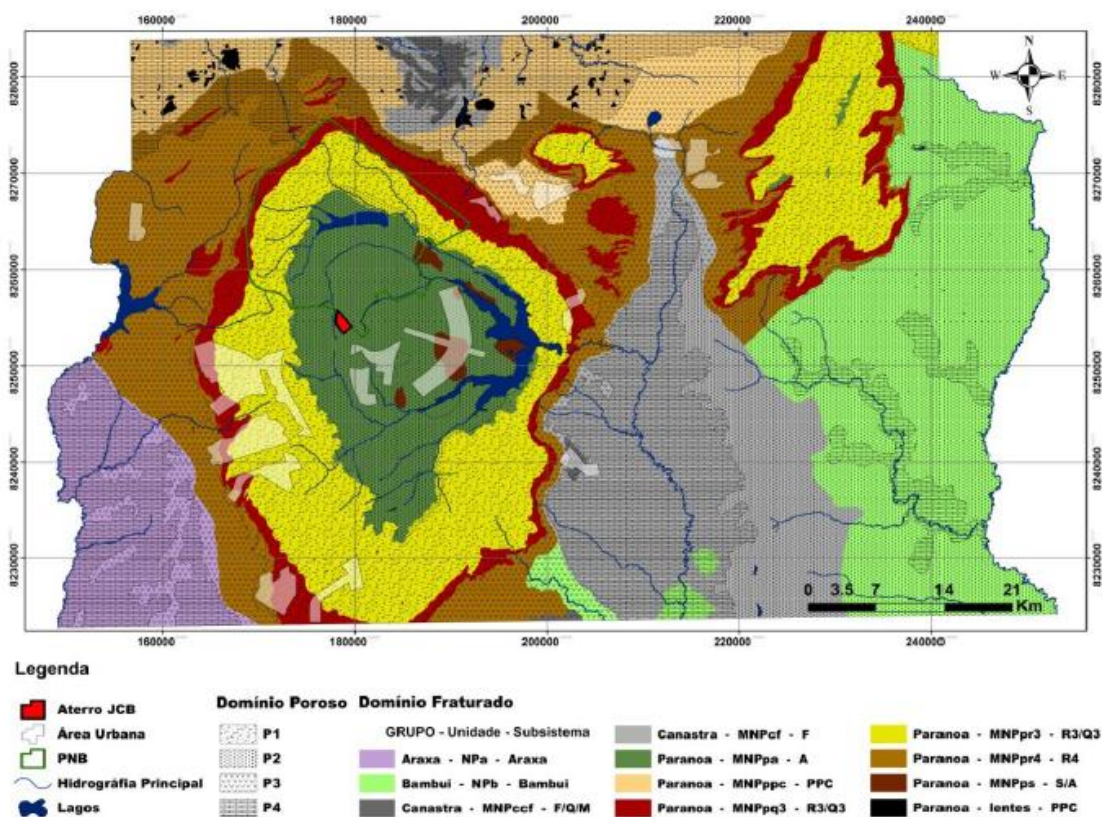


Figura 4.11 – Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal (FREITAS-SILVA E CAMPOS, 1998 apud CALVACANTI, 2013).

Considerando-se que tanto os solos saprolíticos de quartzito quanto os solos residuais e coluvionares lateríticos são solos relativamente permeáveis e, que o lençol freático apresenta-se em profundidades regulares, pode-se admitir o seguinte modelo hidrogeológico para o fluxo de água subterrânea na área. As camadas de solo lateríticos porosos e solo saprolítico de quartzito tem praticamente o mesmo comportamento hidráulico, ou seja, são camadas permeáveis através das quais as águas superficiais, essencialmente pluviais, se infiltram e escoam em subsuperfície (BERNARDES et al, 1999).

O fluxo de águas ocorre em direção ao Córrego Cabeceira do Valo apresentando as duas seguintes particularidades relevantes: na época de lençol freático elevado - período chuvoso, o nível d'água situa-se acima do topo da camada de ardósia, e o fluxo das águas subterrâneas ocorre tanto pelas camadas permeáveis localizadas acima da camada de cascalho laterítico como pelas camadas permeáveis que preenchem os grabens. Já na época de lençol freático baixo - nível de águas subterrâneas abaixo do topo da camada de ardósia, o fluxo de águas ocorre apenas pelo solo coluvionar que preenche os grabens, pois a ardósia funcionando como uma barreira impermeável faz com que a direção do fluxo siga a direção NE dos grabens (BERNARDES et al, 1999).

Campos e Freitas-Silva (1998) apresentaram uma subdivisão dos sistemas aquíferos do Distrito Federal, incluindo os domínios poroso e fraturado (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Sistemas Aquíferos do Distrito Federal, seus domínios e as médias das vazões (CAMPOS e FREITAS SILVA, 1998)

| <b>Aquífero (Sistemas/ Subistemas)</b> | <b>Medidas das vazões (l/h)</b> |
|--|---------------------------------|
| <b>Domínio Poroso</b>                  |                                 |
| Sistemas P1, P2, P3 e P4.....          | >800                            |
| <b>Domínio Fraturado</b>               |                                 |
| <b>Sistema Paranoá</b>                 |                                 |
| Subsistema S/A .....                   | 12.700                          |
| Subsistema A.....                      | 4.390                           |
| Subsistema Q3/R3.....                  | 12.200                          |
| Subsistema R4.....                     | 6.150                           |
| Subsistema PPC.....                    | 9.100                           |
| <b>Sistema Paranoá</b>                 |                                 |
| Subsistema F .....                     | 7.500                           |
| Subsistema F/Q/M.....                  | 33.000                          |
| Sistema Bambuí.....                    | 5.210                           |
| Sistema Araxá.....                     | 3.150                           |

A recarga dos aquíferos no domínio poroso ocorre pela precipitação pluvial. Onde a água infiltrada ocupa os espaços vazios intergranulares dos meios geológicos. O domínio poroso é caracterizado com espessura entre 15 a 25m, e de boa homogeneidade (CAMPOS e FREITAS-SILVA, 1998).

No domínio fraturado ocorre um vínculo com as várias unidades litoestatigráficas que ocorrem na região de Brasília/DF (Figura 4.11). A acumulação e recarga desse domínio é por planos de fratura, microfraturas, diáclases, juntas, zonas de cisalhamento e falhas nos meios rochosos. Podendo ser livres ou confinados e de elevada heterogeneidade e anisotropia. Na região do DF, o domínio fraturado limita-se a grandes profundidades (250 metros), tendo a densidade das discontinuidades do corpo rochoso como controlador da condutividade hidráulica.

Sua recarga se dá de forma indireta, pela infiltração das águas de precipitação pluviométrica (CAMPOS e FREITAS-SILVA, 1998). Segundo Santos (1996) a recarga do domínio fraturado ocorre de três maneiras: infiltração indireta com água oriunda do manto de solos de cobertura; indiretamente, por escoamento superficial de água, com ocorrência do leito de drenagem com a zona de discontinuidade do embasamento rochoso, infiltração direta com o afloramento de rochas permeáveis.

Conforme Campos e Freitas-Silva (1998) o Sistema Paranoá (subsistema S/A), do domínio fraturado, é representado pela litologia pertencentes à Unidade Metassiltito do Grupo Paranoá. De acordo com a Figura 4.11, o subsistema A está relacionado a áreas de afloramento da Unidade Ardosiana, o subsistema R4 é caracterizado litologicamente por metarritimito argiloso e o subsistema PPC está relacionado a litologia da Unidade Psamo-Pelito Carbonatada. O subsistema R3/Q3, por apresentar características hidrogeológicas bastante similares, fica relacionado à unidade Quartzito Médio e Metarritimito Arenoso.

#### 4.1.4.6. Topografia

A topografia do Aterro Jockey Club é caracterizada em um alto topográfico local, com rebaixamento altimétrico em distintas direções, funcionando como divisor de águas, vislumbrada na Figura 4.12, onde, o alto topográfico corresponde ao resíduos sólido mais recente depositado como defendido na Figura 4.2, que caracteriza a disposição temporal do Aterro.



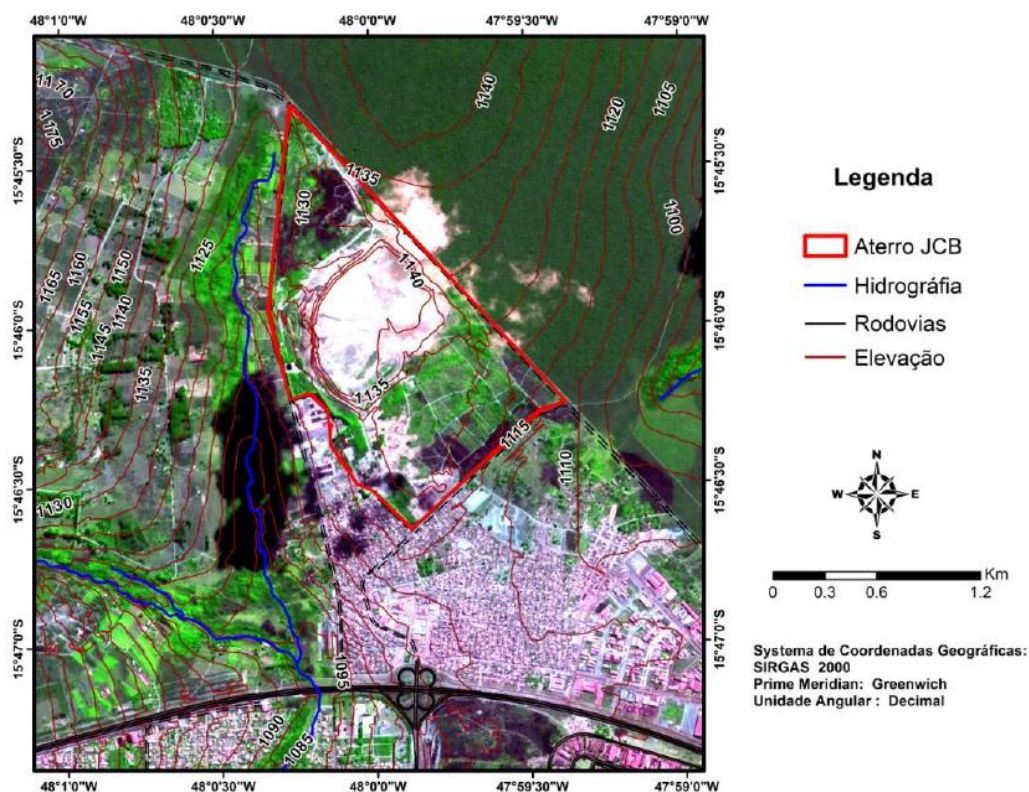


Figura 4.12 – Mapa topográfico da área do Aterro JCB e vizinhanças.

Na Figura 4.13 é visto o perfil topográfico, da área do aterro, no sentido norte-sul (visada para leste). Neste perfil é notado um rebaixamento suave e extenso na direção sul, com gradiente preferencial de escoamento (identificado pelas setas brancas), onde se encontra a área de assentamento urbano - cidade da Estrutural. Na região central da Figura 4.13, se encontra um alto topográfico, o qual tem a extensão vertical, a 20 metros do nível natural, devido ao processo de deposição e aterramento do resíduo sólido, sendo está região o qual atualmente ainda está sendo utilizada para aterrar os resíduos sólidos (CAVALCANTI, 2013).

No perfil de sentido oeste- leste, com visada para norte (Figura 4.14) é observado a ocorrência de dois gradientes de escoamento preferencial, um em direção ao córrego Cabeceira do Valo (Oeste) e outro em direção ao Parque Nacional (leste). Com uma declividade mais evidente a oeste é provável um fluxo subterrâneo preferencial nesta área (CAVALCANTI, 2013).

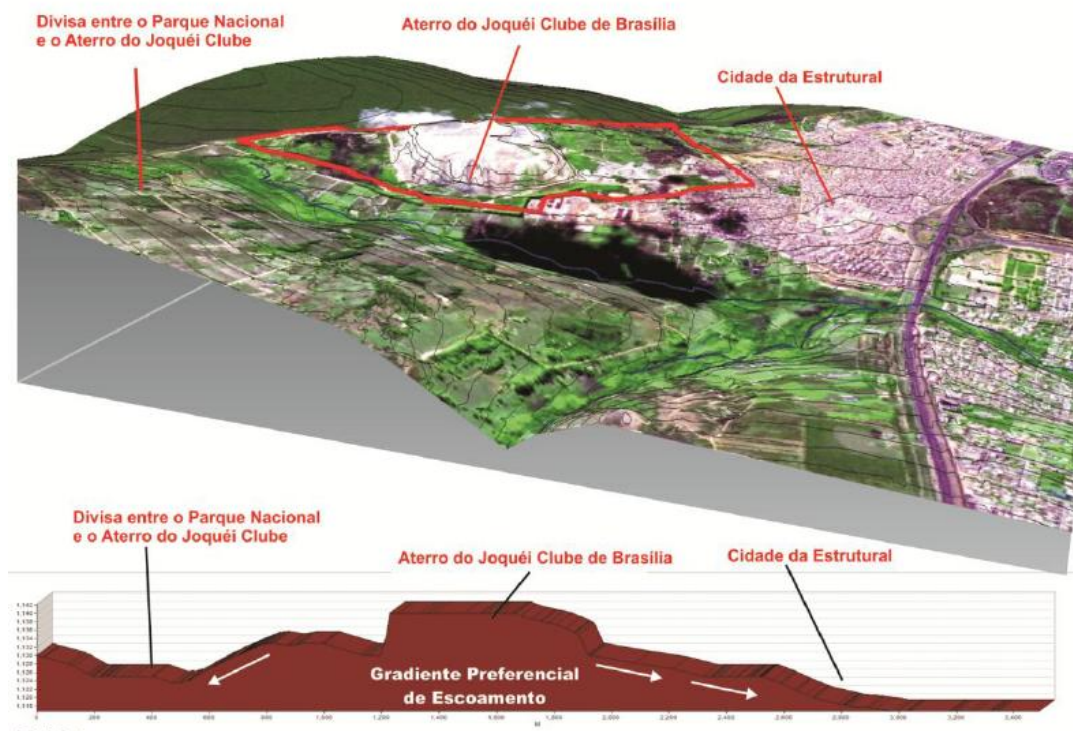


Figura 4.13 – Perfil topográfico do Aterro JCB no sentido Norte – Sul, visada para leste (CAVALCANTI, 2013).

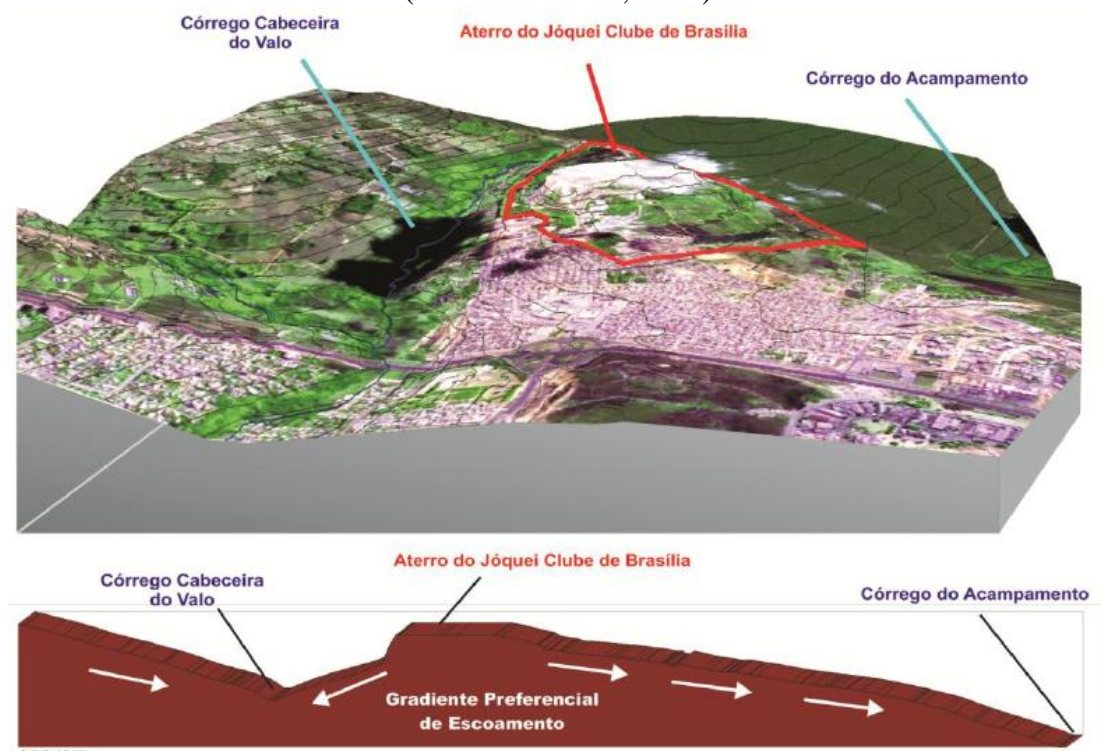


Figura 4.14 – Perfil topográfico do Aterro JCB no sentido Oeste – Leste, visada para norte (CAVALCANTI, 2013).

Um alto topográfico ocasionado pela disposição dos resíduos sólidos, também é representado neste perfil. Stollberg et al. (2011 apud CAVALCANTI, 2013) utilizando informação da profundidade do nível freático em 134 pontos de amostragem, construiu um mapa do nível potenciométrico indicando as direções preferenciais do fluxo da água subterrânea (Figura 4.15). A primeira é orientada para o sul, onde se encontra um assentamento urbano (Cidade Estrutural), o fluxo nesta direção mergulha de forma consistente para o sul, saindo da cota de 1112 m até a cota de 1087 m nas imediações da rodovia DF-095 (gradiente hidráulico estimado de 1,3%). O segundo fluxo se orienta para leste, em contraste, o gradiente hidráulico é maior (1,6%), se calculado do ponto central da disposição dos resíduos sólidos (cota 1.112 m) até o Córrego do Acampamento (cota 1.080 m).

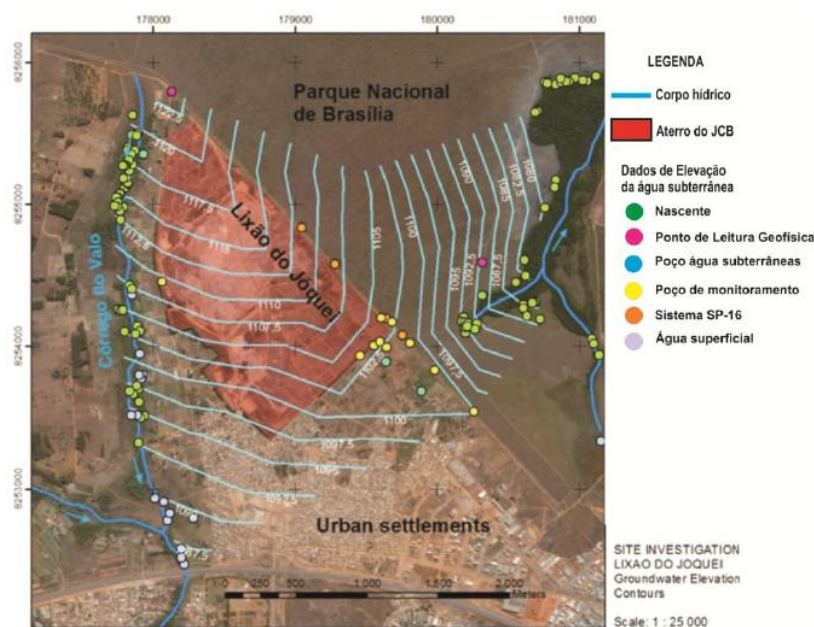


Figura 4.15 – Mapa dos níveis da água subterrânea na área do Aterro JCB (Stollberg et al, 2011 apud CAVALCANTI, 2013).

#### 4.1.5. Pluma de Contaminação (chorume) do Aterro Jockey Club

Santos (1996) destaca que, para o caso do Aterro Jockey Club, comumente ocorre máxima concentração dos contaminantes logo abaixo da camada de lixo, nos primeiros metros do solo e, com o aumento da profundidade ocorre o decréscimo desta concentração como resultado dos processos de interação existente entre água-solo-contaminante; as amostras de chorume coletadas no interior de uma célula de lixo indicaram que sua composição apresenta reduzidas concentrações de contaminantes quando comparada com outros aterros sob as mesmas condições.



No entanto, o autor ressalta que ocorre uma grande diluição do chorume produzido no aterro do Jockey Club, nas camadas superiores das células de lixo (onde as amostras foram coletadas), em função da água de precipitação, que se infiltra através da cobertura de solo, que é bastante permeável e apresenta inúmeras trincas. Os valores de pH detectados mostraram a tendência alcalina do chorume. E conclui que o solo apresenta condições (físicas, químicas, mineralógicas e biológicas) que favorecem os mecanismos de atenuação da carga contaminante, também constatado no estudo de Araújo (1996) e Junqueira (2000), que destacou tal efeito em especial para o nitrato.

Em relação às análises qualitativas do chorume produzido nas células experimentais, Junqueira (2000) detectou valores extremamente elevados de DQO e, em segundo plano, teores significativos de amônia e cloreto. No que diz respeito aos processos de interação solo-chorume, foi analisada a capacidade de retenção de contaminantes por meio da percolação de chorume através de amostras indeformadas de solo e em amostras de solo compactado extraídas da região do aterro.

Mesmo que o solo tenha o efeito atenuante, Junqueira (2000) ressaltou a elevada concentração de contaminantes no chorume produzido, além da possibilidade da existência de caminhos preferenciais de percolação e de diversos fatores que possam influenciar a capacidade de atenuação ao longo de todo o perfil do solo. Nesse sentido, foi apontada a necessidade da execução de um programa de monitoramento de qualidade da água que possa acompanhar a evolução do aporte de contaminantes ao lençol.

Conforme Campos (2007), a caracterização química da pluma de contaminação é rica em substâncias e elementos como potássio, cloreto, cálcio, magnésio e nitrato. Devido às variações da composição química da água subterrânea a melhor forma de se apresentar os teores das substâncias dissolvidas e os parâmetros físico-químicos é a partir da média, valores máximos e comparação com valores de background. Para o *background* das amostras químicas da água, Campos (2007) analisou uma nascente com o contexto hidrogeológico similar, sem a presença de fontes contaminantes (Tabela 4.3).

Tabela 4.2 – Composição média e máxima do chorume do Aterro JCB e valores de *background*. Todas as unidades em mg/L, com exceção da condutividade elétrica (CE) medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e pH adimensional. (FRANCO, 1996; ARAÚJO, 1996 e CAMPOS, 2007).

| Parâmetro                 | Média | Máximo | <i>Background</i> |
|---------------------------|-------|--------|-------------------|
| pH                        | 6.0   | 7.6    | 4.9               |
| CE                        | 93.1  | 1220.0 | 2.6               |
| TSD                       | 68.2  | 620.0  | 1.2               |
| Dureza                    | 10.1  | 46.1   | 0.03              |
| Nitrato                   | 1.0   | 2.9    | 0.0               |
| Nitrito                   | 0.02  | 0.2    | 0.0               |
| Amônia                    | 0.24  | 1.34   | 0.0               |
| Cloro Total               | 0.1   | 0.76   | 0.0               |
| Alcalinidade              | 32.3  | 452.0  | 0.3               |
| O <sub>2</sub> Consumido  | 9.9   | 56.1   | 0.0               |
| O <sub>2</sub> Dissolvido | 27.8  | 136.2  | 28.6              |
| Sulfato                   | 5.0   | 21.0   | 0.0               |
| Fosfato                   | 0.35  | 2.5    | 0.01              |
| Potássio                  | 7.73  | 44.0   | 0.56              |
| Ferro                     | 0.15  | 0.62   | 0.28              |
| Manganês                  | 0.036 | 0.366  | 0.01              |
| Alumínio                  | 32.3  | 452.0  | 4.28              |
| Cálcio                    | 6.40  | 49.1   | 2.54              |
| Magnésio                  | 1.3   | 17.86  | 3.69              |

Segundo Campos (2007), o parâmetro de pH do chorume apresentou dois tipos de comportamentos. O pH alcalino nas porções mais rasas do Aterro, e pH ácido abaixo de 35 metros. A contaminação do subsolo no interior e nas proximidades do Aterro JCB foi observada por estudos geofísicos e hidrogeológicos anteriores.

- Franco (1996) mostrou, com o uso de sondagens elétricas verticais (SEVs), que o chorume produzido pelo resíduo do Aterro do Jockey Club (<500 ohm.m) contaminou a água subterrânea que flui tanto no sentido do córrego Vicente Pires (Oeste) quanto no sentido do Parque Nacional de Brasília (Nordeste). Utilizando de métodos geofísicos e geoquímicos da água, pode delimitar bem a interface Aterro/cerrado e observar a presença de uma pluma de contaminação rasa em direção ao Parque Nacional.
- Araújo (1996) mostrou, através de análises químicas de águas subterrâneas, coletadas em poços de monitoramento, que há uma maior produção do chorume nos meses de alta precipitação pluviométrica, evidenciando a permeabilidade dos solos da região.
- Abreu (2001) na análise da qualidade da água subterrânea, do lençol freático e de poços de monitoramento entre os limites do Aterro e o Córrego do Acampamento indicou uma tendência de contaminação no lençol freático indo para o interior do Parque.

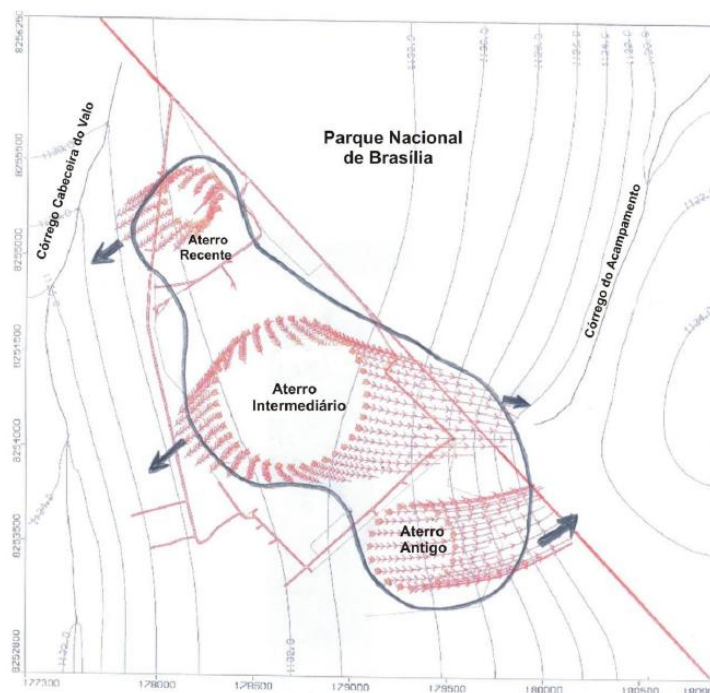


Figura 4.16 – Mapa de distribuição da pluma de contaminação na região do Aterro JCB, com projeção para o ano de 2007. As setas indicam o fluxo subterrâneo local preferencial da pluma (CAMPOS, 2007).

Campos (2007), determinou os limites da pluma utilizando os dados hidroquímicos obtidos de Araújo (1996), Franco (1996), Koide et al (1999) e Abreu (2001). A partir destes dados e de cálculos teóricos elaborou os modelos de evolução da pluma de contaminação para os anos de 1996 ate 2007 (Figura 4.16).

Carneiro (2002) produziu modelos matemáticos de fluxos subterrâneos (para os anos de 2010, 2030 e 2050) na área do Aterro JCB apontando duas tendências principais do fluxo da pluma contaminante no subsolo: uma em direção ao Parque Nacional de Brasília; e outra em direção ao córrego Cabeceira do Valo (Figura 4.20). Em relação à evolução da pluma, o fluxo de contaminação sub-superficial é lento e, portanto, as frentes de contaminação detectadas neste estudo e em estudos anteriores devem ser oriundas das camadas mais antigas de lixo aterrado.

Na seção transversal do aterro realizada por Carneiro (2002) podemos observar o fluxo preferencial da pluma de contaminação (Figura 4.18), na porção sul, as direções de propagação dessas partículas tendem à nascente do córrego do Acampamento. Por outro lado, as partículas da região oeste do aterro seguem para o córrego Cabeceira do Valo.

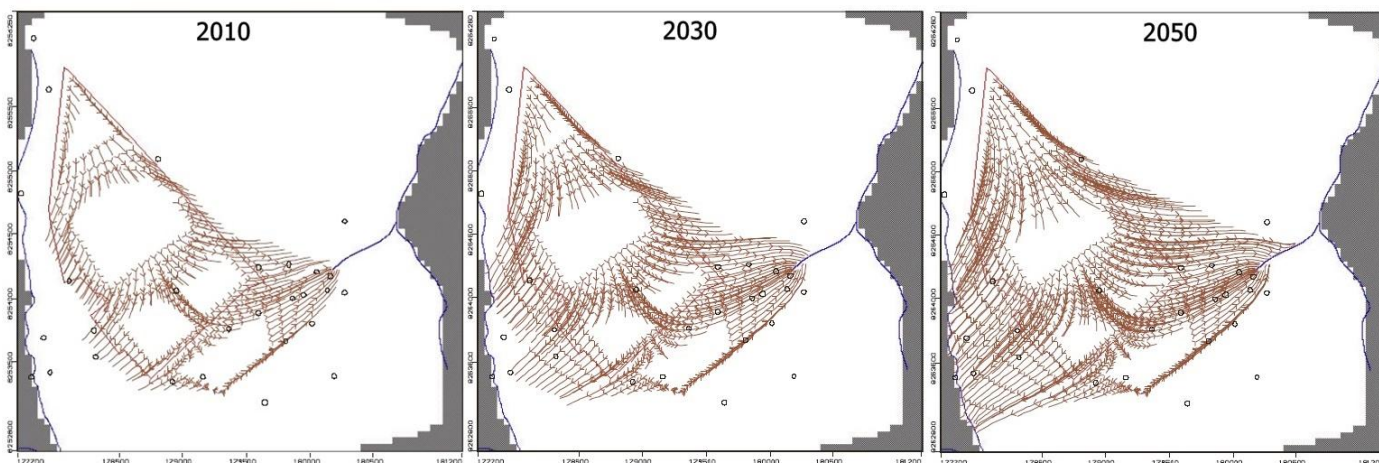


Figura 4.17 - Modelagem matemática para o fluxo da pluma do Aterro JCB, com duas tendências, para os anos de 2010, 2030 e 2050 (CARNEIRO, 2002 - adaptada).

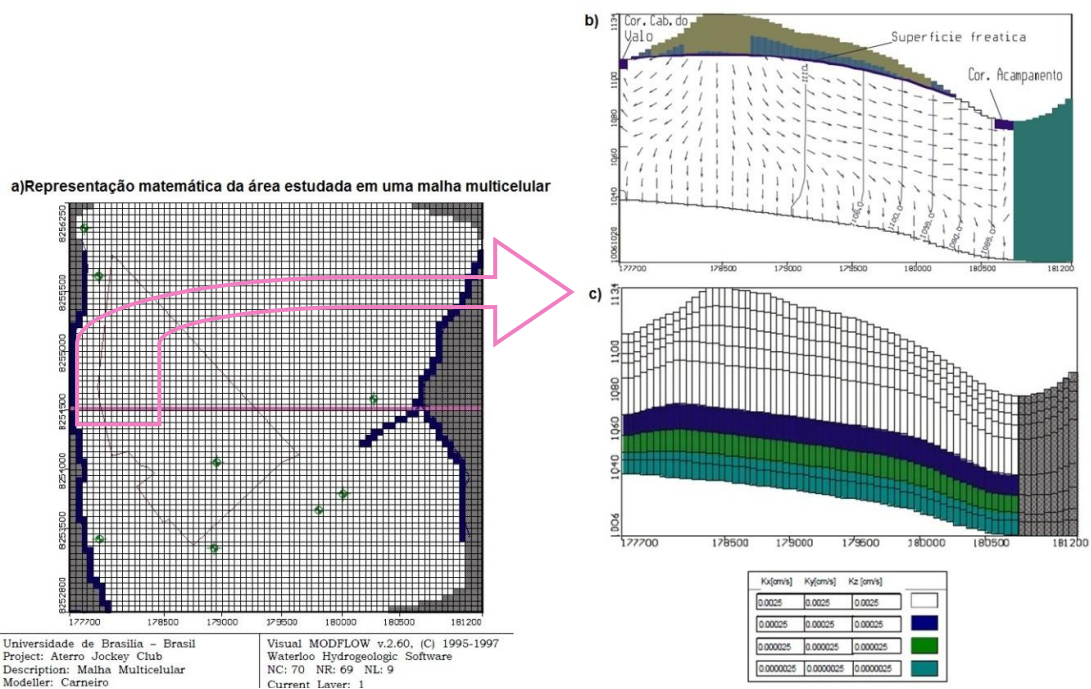


Figura 4.18 - Seção transversal(exagero vertical de 15 vezes) – b) Direção do fluxo sub-superficial: representação em corte; c) com as camadas estratigráficas e respectivos valores de condutividade hidráulica (CARNEIRO, 2002 - adaptada).

Cavalcanti et al. (2011) aplicando os métodos de eletrorresistividade (arranjo Dipolodipolo) e GPR no limite sul do Aterro JCB e no limite leste entre o Parque Nacional e o Aterro JCB, identificaram a presença de valores de baixa resistividade entre 30 ohm.m, relacionada a possível contaminação do nível freático nesta região. Os resultados do sinal eletromagnético (GPR) apresentaram seções com forte atenuação do sinal na mesma localização das zonas de baixa resistividade.

Stollberg et al. (2011, apud CAVALCANTI, 2013) usaram um geoprobe para instalar poços de monitoramento da qualidade da água no limite sul e entre o Aterro JCB e o Parque Nacional de Brasília. Os 13 poços (com profundidade entre 8 a 15 metros) resultaram nas informações de: Profundidade do nível freático na região (média de 7,5 metros), no mês de agosto (período de estiagem), Valores de pH entre 5.2 para os poço contaminados, Valores de teor de amônia em poços contaminados (>10 mg/L), e Valores de condutividade elevados (230 a 994  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Sousa et al (2012, apud CAVALCANTI, 2013) realizaram comparações entre os dados de Cavalcanti et al (2011) e Stollberg et al (2011). Na comparação verificou-se que os valores de baixa resistividade se relacionavam com os valores de amônia acima de 10 mg/L e de condutividade acima de 375 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os outros autores ainda associaram os valores resistividade entre o período de chuva e o período de estiagem. Suas conclusões comprovaram que durante o período de estiagem a pluma de contaminação fica mais concentrada gerando uma grande área condutiva (<30 ohm.m), e no período de chuva ocorre uma diluição da pluma de contaminação, diminuindo a área com maior condutividade.

De acordo com Cavalcante (2013), através da integração dos resultados de eletrorresistividade definiram-se valores limites para caracterização de áreas contaminadas, suspeitas de contaminação e não contaminadas (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Relação dos valores de resistividade com os parâmetros físico – químicos da análise de água dos poços

| Área                        | Resistividade (Ohm.m) | Amônia NH <sub>3</sub> (mg/L) | Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | pH        |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|-----------|
| Contaminada - AC            | 0 – 100               | >2,5                          | 160 – 994                                 | 5,2 – 5,3 |
| Levemente Contaminada – ALC | 100 – 700             | 1,0                           | 21 – 160                                  | 5,3 – 6,4 |
| Não Contaminada – NA        | 700 – 2000            | 0,0                           | 2,6                                       | 5,0       |

Os resultados de eletrorresistividade do estudo de Cavalcante (2013) também possibilitaram a distinção entre camadas de solo, solo com resíduos, saprolito saturado e embasamento rochoso. Os valores de baixa resistividade (Área Contaminada – AC) estão localizados nas direções noroeste, oeste, sudoeste, sul e sudeste da área do Aterro JCB. A partir da associação das ocorrências de AC nas seções de eletrorresistividade, aos perfis de GPR (*Ground Penetrating Radar*) e ao mapa topográfico da área do aterro JCB, elaborou-se um mapa com o fluxo preferencial da pluma de contaminação (Figura 4.19).

O que se observa nas seções de eletrorresistividade é que a profundidade do topo rochoso está mais rasa a leste, sugerindo um aprofundamento para o oeste. Este modelo concorda com o modelo geológico-geotécnico da área do Aterro JCB (Figura 4.10), elaborado, por Bernardes et al.(1999).

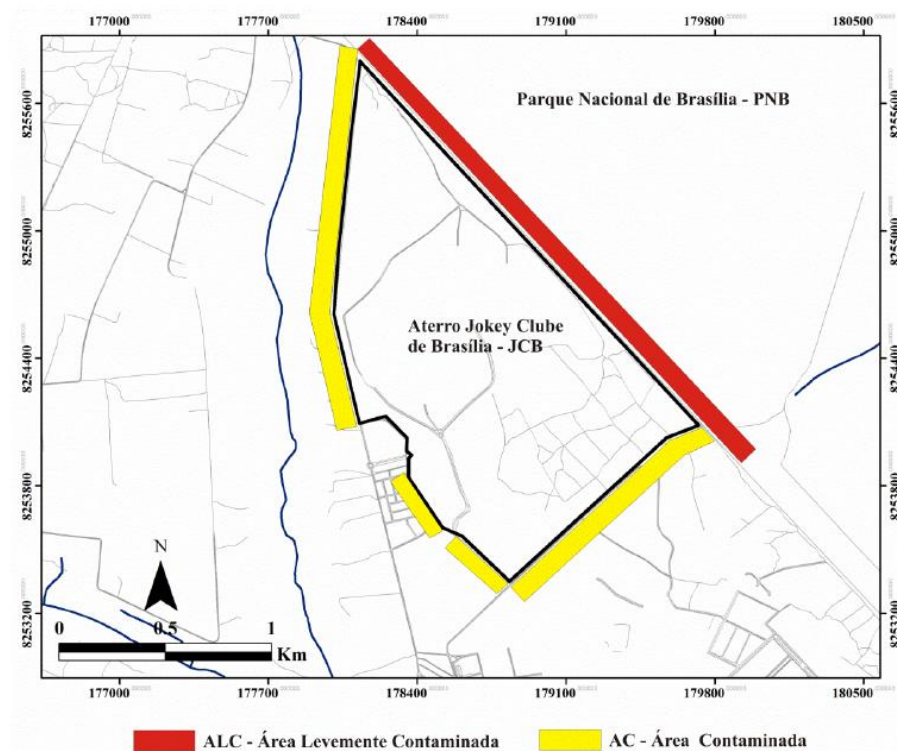


Figura 4.19 - Mapa de localização das áreas contaminadas e com suspeitas de contaminação pelo chorume, nos limites do aterro JCB, para o ano de 2012.

No estudo de Cavalcante (2013), os resultados de GPR possibilitaram identificar quatro padrões distintos de refletores descritos a seguir: Padrão 1 (PR1) – refletores pequenas difrações, relacionada camada de argila utilizada para a cobertura dos resíduos sólidos, possui espessura média de 1,0 metro; Padrão 2 (PR2) – refletores descontínuos, indica à presença de resíduos sólidos; Padrão 3 (PR3) – refletores descontínuos, relacionada à estrutura do solo e presença de Resíduos Sólidos.d) Padrão 4 (PR4) – relacionado ao solo contaminado pela percolação do chorume. Em todos os perfis do GPR , na área externa, o PR4 (linha pontilhada vermelha) é presente nas extremidades, ocorrendo a partir de 1,0 metro de profundidade e ocorrendo nas profundidades de 4 a 6 metros até o final do sinal EM (Figura 4.20).



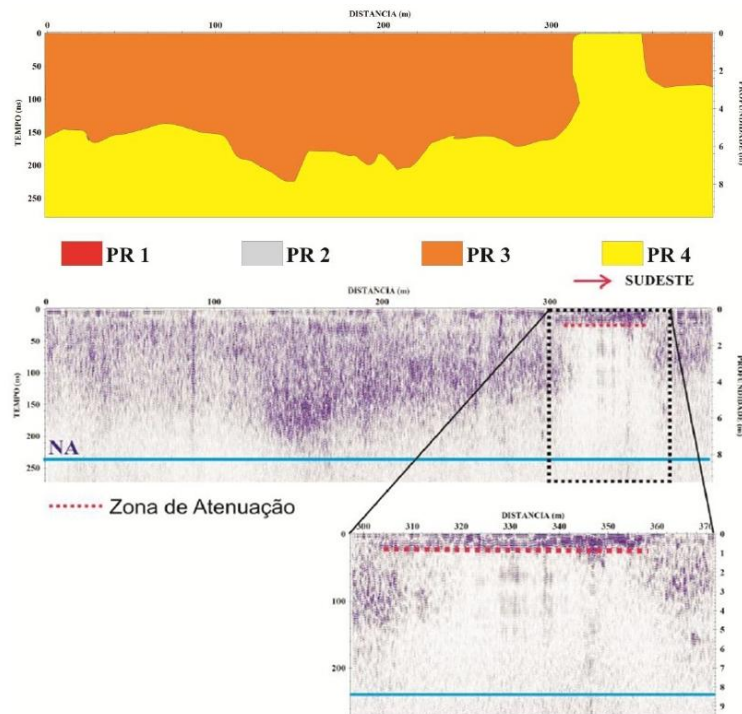


Figura 4.20 - Perfil de GPR com a presença de atenuação do sinal (linha pontilhada vermelha) na profundidade de 2 metros (CAVALCANTE, 2013 – adaptada).

As zonas de atenuação estão relacionadas à proximidade das obras de contenção do chorume como: trincheiras de drenagem pluvial, lagoas de contenção, e devido ao despejo de resíduos de abatedouros, estações de tratamento de esgoto (ETE) e descarte de animais mortos a céu aberto. A Figura 6.5 mostra as fontes de atenuação do sinal EM, dentro da área do Aterro JCB.



Figura 4.21 - Imagem do Google Earth do ano de 2013. a) trincheira para drenagem pluvial; b) lagoas de contenção e c) área de despejo de resíduos industriais e de animais mortos.

## **4.2. PROPOSTAS E ALTERNATIVAS PARA REMEDIAÇÃO**

O projeto de Remediação do Aterro Jockey Club consiste em recuperar a área onde atualmente são dispostos os RSU gerados, corrigindo-se assim o passivo ambiental existente. As alternativas propostas para Remediação do Aterro JCB buscam a estabilidade química do local, tendo como objetivo maior a contenção e atenuação da pluma de contaminação gerada pela percolação do chorume. As alternativas visam o fechamento total do Aterro JCB, adiada para janeiro do ano de 2015 e a definição de um novo uso para o local.

As medidas de remediação são divididas em dois tipos: medidas de contenção ou isolamento da contaminação, que será proposto através de barreiras físicas – vertical e impermeabilização do solo; e medidas para o tratamento dos meios contaminados, através da barreira hidráulica e atenuação natural, visando à redução dos níveis de contaminação a níveis aceitáveis ou previamente definidos. Medidas de contenção e tratamento podem ser adotadas conjuntamente. Dessa forma, pode-se considerar que o termo “recuperação” engloba os termos “remediação” (contenção e tratamento) e “compatibilização ao uso atual ou futuro da área” (CETESB, 2001).

### **4.2.1. Objetivos da Remediação**

Os objetivos da remediação deverão ser estabelecidos por meio de processo interativo, tendo em vista o quadro real no local, a viabilidade técnica e respeitando o princípio da proporcionalidade. O objetivo da remediação será definido visando o controle de riscos, sempre atendendo às normas legais, ao bom senso e ao princípio de que a medida será razoável se o risco residual ou contaminação residual forem toleráveis (CETESB, 2001).

Os objetivos de remediação fixados para os respectivos meios podem ser formulados em termos de valores numéricos, ou seja, os níveis limite de substâncias nocivas no meio contaminado ou sua correspondente descrição discursiva. O objetivo final da remediação não pode ser fixado adequadamente pelo órgão competente sem a prévia apresentação dos resultados da investigação para remediação, e este será concretizado por meio da definição de ações remediadoras que sejam economicamente viáveis (CETESB, 2001).

Um dos principais objetivos do estudo é a atenuação e contenção da pluma de contaminação gerada pelo chorume, que apresenta risco eminente de contaminação do Córrego Cabeceira do Valo e o Córrego do Acampamento, podendo comprometer a qualidade



da água de abastecimento de Brasília futuramente. A composição do chorume varia de aterro para aterro e até mesmo dentro de um mesmo aterro com o tempo. As razões estão relacionadas às características da população geradora dos resíduos (nível e características de vida socioeconômico-culturais), topografia e geologia do local do tratamento e/ou destino final dos resíduos, formas de coleta dos resíduos, e ainda, às características hidrológicas e climáticas da região.

A evolução dos processos biológicos que ocorrem no interior do lixão, bem como sua idade e a composição dos resíduos dispostos, influenciam nas características do chorume. Gandolla et al. (1995 apud CSANEO, 2011) apresentam os principais parâmetros utilizados na caracterização do lixiviado:

- O conteúdo em matéria orgânica, expressa em termos de DQO e DBO<sub>5</sub>, é inicialmente muito elevado, diminuindo depois em razão da degradação biológica e dos processos de lixiviação. Uma fração considerável de DBO inicial é constituída de ácidos graxos voláteis, cuja concentração é um bom indicador do estágio da degradação anaeróbia;
- O pH ácido no princípio, torna-se em seguida levemente alcalino, como observado nos estudos de Santos (1996); Campos (2007); Stollberg et al. (2011);
- A relação DBO<sub>5</sub>/DQO, que indica o percentual da matéria orgânica que é biodegradável, diminui à medida que o aterro evolui;
- A concentração de metais é elevada em aterros jovens, devido ao ambiente ácido que favorece a solubilização dos íons metálicos. Esta concentração tende a diminuir com o tempo, na medida em que o pH aumenta;
- O Fósforo está presente em quantidades tão modestas que em certos casos há a necessidade de correção de sua concentração para viabilizar-se o tratamento biológico do chorume;
- O enxofre, que embora presente nos resíduos sólidos, só é emitido em quantidades pequenas, pois se fixa no aterro sob a forma de sulfetos insolúveis, principalmente de ferro;
- O nitrogênio está presente em nível significativo, encontra-se nas formas de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, em concentrações mais elevadas em chorume de aterros jovens e velhos, respectivamente.

De acordo com o diagnóstico realizado (item 3.1), a área intermediária do aterro - que recebe até os dias atuais os resíduos gerados de Brasília (Figura 4.2) - será a área que concentrará as ações de remediação, aproximadamente 58 hectares. Tal área ainda apresenta movimento de terra em quase toda sua extensão, sendo o lixo exposto a céu aberto, agravando mais a contaminação, pois não possui recobrimento final ou atenuação natural.

Na região Norte – que recebeu os resíduos sólidos dos anos 1995 e 1996, e a porção Sul – resíduos do período de 1978 a 1986 já apresentam uma atenuação natural, sendo necessário o monitoramento de toda essa área.

#### **4.2.2. Especificação Técnica Básica**

A especificação técnica básica consiste nas ações recomendadas a serem realizadas independentes da alternativa selecionada, a fim de estabelecer as condições técnicas que nortearão as atividades objeto da licitação para recuperação das áreas encerradas do Aterro Jockey Club.

Para a recuperação ambiental das áreas encerradas, em especial a área intermediária de 58,22 hectares, recomenda-se contemplar, no mínimo, a execução de serviços de drenagem de gases, drenagem de águas pluviais, drenagem e tratamento do chorume, e camada de cobertura final com solo e execução de serviços de revegetação propostos para cada local, contando com plantio de grama e espécies arbóreas nativas, com o plano geral a ser submetido ao órgão ambiental competente. Os trabalhos de remediação serão contínuos e monitorados – em todo o processo, tendo em vista o caráter emergencial e que todos os elementos para a sua execução estarão disponíveis dentro da área de projeto.

##### **4.2.2.1. Sistema de Monitoramento**

Como já salientado no item 2.2, o monitoramento é um instrumento importante para a gestão ambiental, na medida em que propicia, construir sistematicamente uma percepção integrada da realidade ambiental, mensurar as tendências, detectar os impactos e corrigir, precocemente, os processos nocivos ao meio ambiente (CSANEO, 2011). O sistema de monitoramento norteará todo o processo de remediação, sendo ele o embasamento para execução do projeto, desde o diagnóstico mais detalhado até o encerramento; certificando a eficácia da remediação, através da avaliação e ajustes do planejamento original, condicionando as mudanças necessárias no decorrer do empreendimento.

Assim sendo, é indispensável à existência de um programa de monitoramento permanente, sistemático e abrangente das diversas instalações que irá compor a remediação do Aterro JCB, uma vez que este fornecerá as informações necessárias para a proposição de medidas corretivas com o objetivo de atingir os resultados esperados.

Os objetivos deste monitoramento são:

- Diagnóstico mais minudenciado da situação atual;
- Avaliação da eficiência da obra de engenharia no sentido da proteção dos recursos naturais do entorno da área remediada e ainda com potencial contaminante, detectar e determinar o grau dos impactos ambientais, caso existam e, nesse caso, exercer as medidas corretivas que se façam necessárias;
- Verificar a eficiência do processo de biodegradação dos resíduos sólidos em função do tempo, prever e detectar possíveis efeitos adversos à sua manutenção, tomar as medidas preventivas e corretivas para o bom andamento do mesmo e buscar a otimização dos fatores intervenientes (Monitoramento Operacional);
- Avaliar continuamente a eficiência das unidades constituintes da Estação de Tratamento de Lixiviados (Monitoramento Operacional);
- Verificar a redução do biogás gerado no aterro (Monitoramento Operacional).

A análise de amostras de águas de superfície do entorno e de águas do lençol freático captadas no perímetro da área de aterramento e adjacências, fazendo-se o comparativo entre as características das águas de montante e jusante e a análise de parâmetros que tipicamente indicam a presença de contaminação por líquidos percolados de aterro cumprem o papel de verificar se a remediação resultou na proteção do ambiente do entorno.

#### Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

A execução de um Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas da Remediação do Aterro JCB tem o objetivo primário, permitir a avaliação sobre a migração de poluentes e ainda de servir de controle sobre a eficiência da remediação ao longo dos anos no que tange a eficiência dos sistemas de impermeabilização e drenagem de lixiviados bem como detectar alterações na qualidade da água.

Serão instalados poços de monitoramento nas imediações do lixão, na direção indicativa dos estudos de Carneiro (2002) e Cavalcante (2013) da pluma de contaminação, em número mínimo de 9, sendo 3 na porção oeste, e outros 3 na porção leste, 1 na porção norte e 2 na porção sul. Quanto à localização dos poços serão previstos de modo que estejam instalados no sentido do fluxo de escoamento, conforme a Figura 4.1, para que suas amostras representem a real situação da qualidade da água subterrânea no aquífero.

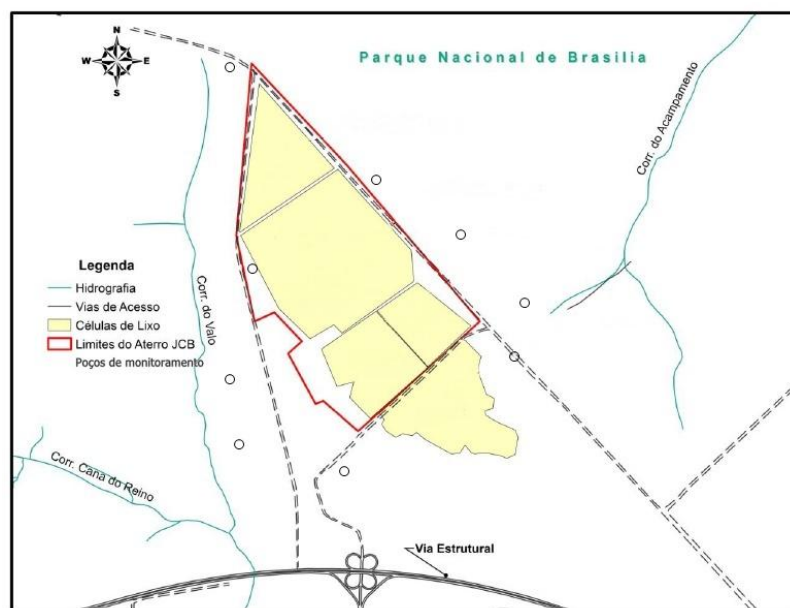


Figura 4.22- Localização dos poços de monitoramento nas imediações do Aterro JCB.

Deve-se prever uma análise de todos os parâmetros a serem monitorados, ao mínimo 4 vezes ao ano em cada poço, durante o período de operação do empreendimento. Os poços têm um diâmetro mínimo para a correta coleta das amostras, obedecendo a NBR 13.895/1997, relativa para a sua amostragem devendo ser protegidos evitando assim a contaminação superficial. Os poços serão monitorados desde o início da operação do empreendimento e deverão ser monitorados por longo período após o encerramento das atividades do empreendimento.

No caso de ser detectado qualquer tipo de contaminação nas águas subterrâneas, será ampliada a frequência de amostragem e a realização das análises físico-químicas, e se necessário, a abertura de novos poços de monitoramento, com novas coletas a diferentes profundidades e a execução de um estudo hidrogeológico para delimitação de possíveis plumas de contaminação e causas.

A Tabela 4.4 apresenta os parâmetros e frequência sugerida para análise das águas subterrâneas. Os parâmetros propostos para o monitoramento das águas de lençol freático devem se constituir nos melhores indicadores da qualidade dessas águas e, sobretudo, nos indicadores mais precisos e rápidos de eventuais contaminações com lixiviados de aterros.

#### Monitoramento dos gases

O monitoramento de gases na remediação do lixo tem como objetivo avaliar o processo de decomposição da matéria orgânica do lixo em conjunção com os demais parâmetros monitorados. Além disto, serve para estimar a liberação dos gases para a atmosfera tendo em vista que os mesmos contribuem para o agravamento de problemas ambientais devido à presença do metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em sua composição.

O conhecimento do estágio de decomposição dos resíduos confinados, assim como a avaliação do processo de impermeabilização e tratamento da massa de lixo será feito através do monitoramento da concentração de metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>) presentes nos tubos de inspeção e queima de gás, na frequência apresentada na Tabela 4.4.

#### Monitoramento dos Líquidos – lixiviado e águas superficiais

Para o Aterro JCB o líquido percolado coletado pela drenagem será encaminhado para um poço de recalque onde será instalada uma bomba submersível. Esse sistema recalcará o chorume e toda a água pluvial coletada da célula para a Estação de Tratamento de Lixiviados – ETL, que deverá ser instalada em adjacente da atual piscina de chorume.

Após passar por todas as etapas de tratamento o efluente tratado será encaminhado para uma Estação de Tratamento de Esgoto ou lançado novamente na célula de remediação. O poço de recalque (poço externo) servirá como ponto de monitoramento do lixiviado, localizado na saída do dreno do aterro e entre as diversas etapas ou unidades do sistema de tratamento adotado, além, é claro, do ponto de lançamento final na célula de tratamento em funcionamento.

Os parâmetros selecionados para o monitoramento de cada ponto devem cumprir os requisitos básicos: Permitir a avaliação da eficiência da unidade de tratamento; verificar as

concentrações dos compostos e propriedades físico-químicas que podem influenciar a eficiência da unidade de tratamento subsequente, permitindo que se façam as intervenções necessárias à otimização do meio de tal unidade.

Tabela 4.4 – Plano Sugestivo de Monitoramento de líquidos, gases e resíduos

| Meio                                  | Periodicidade   | Parâmetros   |
|---------------------------------------|---|--|
| Águas superficiais                    | Bimestral   | Temp; DQO; Condutividade; OD; pH; $NH_4$ ; $NO_3$ ; Fe; Mn; Cl |
| Águas subterrâneas (subsuperficiais)  | Bimestral   | Nível de água; Temp; pH; Condutividade; OD; $NH_4$ ; Cl        |
|                                       | Quadrimestral   | Como bimestral mais: Mg; Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn        |
| Emissão final de lixiviados tratados  | Semanal   | Vazão; Temp; pH  |
|                                       | Mensal (reduz para trimestral quando condições estáveis se verificarem) | Como semanal mais: DQO; DBO; $NH_4$ ; Cl                       |
|                                       | Trimestral  | Como o mensal mais: $SO_4$ ; alcalinidade; Na; K               |
|                                       | Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)   | Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn           |
| Lixiviados nas unidades de tratamento | Mensal  | Vazão; pH; DBO   |
|                                       | Trimestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)  | Como mensal mais: Cl; $NH_4$ ; $SO_4$ ; DQO; DBO; Na; K; Mg    |
|                                       | Anual   | Como trimestral mais: Fe; Mn; Cd; Cr; Cu; Ni; Pb; Zn           |
| Gases                                 | Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)   | $CH_4$ ; $CO_2$ ; $N_2$ ; $O_2$                                |
|                                       | Anual   | $CH_4$ ; $CO_2$ ; $N_2$ ; $O_2$                                |
| Resíduos aterrados                    | Semestral (reduz para anual quando condições estáveis se verificarem)   | pH; Umidade; STV; ST   |
|                                       | Anual   | pH; Umidade; STV; ST   |

Fonte: Manual de Aterro Sanitário, 2007 apud CSANEO, 2011.

A periodicidade do monitoramento dos efluentes do aterro e das unidades de tratamento obedecerá às necessidades operacionais do sistema, conforme apresentado na

Tabela 4.4. As águas superficiais deverão ser coletadas no mínimo em dois pontos: um no Córrego Cabeceira do Valo, a sudoeste e outro no Córrego Acampamento, a sudeste. Os parâmetros propostos para o monitoramento das águas superficiais foram escolhidos em função de melhor e mais rapidamente representarem as condições sanitárias e a presença de contaminação por lixiviados de aterros nessas águas.

Na Tabela 4.34 é apresentada uma proposta de periodicidade de coleta e análise, bem como dos parâmetros a serem analisados para as águas superficiais, águas subterrâneas ou subsuperficiais, emissão de gases, lixiviados na unidade de tratamento e no ponto de emissão final pós-tratamento, para controle dos parâmetros a fim de atestar a qualidade de tratamento da ETL.

Os parâmetros apresentados na tabela e periodicidades são sugestivos, devendo a definição final ser feita conjuntamente com o órgão de controle ambiental, embasados por estudos realizados na área.

#### 4.2.2.2. Sistema de Drenagem dos Percolados

O chorume é um composto derivado da hidrólise dos compostos orgânicos e da umidade do sistema, com características que variam em função do tipo de resíduos sólidos, da idade do aterro ou lixão, das condições meteorológicas, pedológicas, geológicas e hidrológicas do local de disposição. Devido às suas características, o chorume deve ser drenado e tratado adequadamente antes de ser devolvido ao meio ambiente.

Assim, o sistema de drenagem do percolado tem como objetivo conduzir os líquidos para o sistema de tratamento, evitando seu acúmulo na massa de resíduos e os possíveis problemas de instabilidade associados a isso, sendo previsto a instalação conjugado do sistema já existente no local.

Atualmente o lixiviado do Aterro Jockey Club é drenado e destinado a unidades impermeáveis para acúmulo do mesmo (piscina de Chorume - Figura 4.23), e através de bombeamento, realiza-se a recirculação do chorume para o Aterro, como forma de tratamento para o mesmo.



Figura 4.23 - Piscina de Chorume do Aterro JKB

Na operação do sistema de tratamento do chorume é necessário efetuar, de forma sistemática, a medição da vazão do líquido gerado, bem como a determinação da sua composição, antes e depois do tratamento. Para estimativa da vazão do chorume nas células do lixão utilizou-se o método do balanço hidrológico e o método suíço, o qual utiliza dados de precipitação local e características da área do aterro para seu dimensionamento.

Foi realizado o Balanço Hídrico do Aterro JCB, de acordo com os valores médios de precipitação e evaporação segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – Valores médio mensais de Precipitação, Evaporação e Temperatura

| Mês       | Precipitação (mm) | Evaporação (mm) | Temperatura (°C) |
|-----------|-------------------|-----------------|------------------|
| Janeiro   | 204,00            | 124,40          | 24,60            |
| Fevereiro | 225,30            | 105,40          | 24,60            |
| Março     | 156,10            | 116,80          | 25,70            |
| Abril     | 109,10            | 106,00          | 25,30            |
| Maio      | 29,20             | 103,60          | 23,70            |
| Junho     | 7,90              | 100,70          | 22,30            |
| Julho     | 17,10             | 111,90          | 22,90            |
| Agosto    | 12,10             | 135,40          | 24,50            |
| Setembro  | 44,50             | 141,90          | 25,50            |
| Outubro   | 121,70            | 149,60          | 26,20            |
| Novembro  | 201,60            | 127,60          | 25,20            |

Fonte: JUNQUEIRA, 2000

Considerando o coeficiente de escoamento = 0,13, em virtude da composição do solo apresentado pelo do perfil esquemático (Figura 4.9) e capacidade de campo ( $C_c$ ) = 16%. Gerando o seguinte Balanço Hídrico (Tabela 4.7 - Balanço Hídrico).



De maneira geral, a evolução acumulada da produção de percolado acompanha aproximadamente a frequência das chuvas ocorridas. Estimativa através do método suíço da vazão de lixiviado de acordo com a seguinte expressão:

Vazão de chorume:

$$Q(l/s) = \frac{(P * A * K)}{T} = \frac{(108,33 * 582200 * 0,4)}{2592000} = 97,33 l/s$$

Onde:

Q = Vazão média do percolado em litros por segundo;

P = Precipitação média mensal (mm) – 108,33 mm/mês para Brasília;

A = Área total do aterro (m<sup>2</sup>), considerada somente a área intermediária do Aterro JKB;

t = Número de segundos em 1 mês, que é de 2592000 segundos;

K = Coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos sólidos urbanos

Tabela 4.6 - Valores de K para aplicação no Método Suíço.

| <b>Tipo de Aterro</b>                 | <b>Peso Específico do Lixo</b>  | <b>K</b>    |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------|
| <b>Aterros Fracamente Compactados</b> | 0,4 a 0,7 ton/m <sup>3</sup>    | 0,25 a 0,50 |
| <b>Aterros Fortemente Compactados</b> | Acima de 0,7 ton/m <sup>3</sup> | 0,15 a 0,25 |

Fonte: (Orth, 1981, apud Neto et alii, 1999).:

Após passar por todas as etapas de tratamento o efluente tratado poderá ser transportado para uma Estação de Tratamento de Esgoto, ou lançado novamente na célula de remediação, formando assim um ciclo fechado de tratamento.

#### 4.2.2.3. Estação de Tratamento de Lixiviados – ETL

A vazão do chorume prevista como produção de toda a área dos 58 ha intermediário de aproximadamente 100 l/s, conforme item anterior, será tratado. O sistema de recalque do chorume será implantado para diferentes fluxos horizontais, sendo que as bombas submersíveis serão colocadas no final do recolimento.

A qualidade do chorume varia com o tempo em que o resíduo foi disposto, características socioeconômico-culturais da população geradora dos resíduos, topografia e geologia do local do tratamento e/ou destino final dos resíduos, formas de coleta dos resíduos, e ainda, às características hidrológicas e climáticas da região. Sendo que para cada tipo de chorume há uma sugestão de tratamento (Figura 4.24):

Tabela 4.7 - Balanço Hídrico

| Parâmetro                                     | JAN      | FEV     | MAR      | ABR    | MAI    | JUN    | JUL    | AGO     | SET     | OUT    | NOV     | DEZ     |
|---|----------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Precipitação (P) - mm                         | 204,00   | 225,30  | 156,10   | 109,10 | 29,20  | 7,90   | 17,10  | 12,10   | 44,50   | 121,70 | 201,60  | 232,20  |
| Evaporação (EP) - mm                          | 124,40   | 105,40  | 116,80   | 106,00 | 103,60 | 100,70 | 111,90 | 135,40  | 141,90  | 149,60 | 127,60  | 111,00  |
| Escoamento (ES = C.P)                         | 26,52    | 29,29   | 20,29    | 14,18  | 3,80   | 1,03   | 2,22   | 1,57    | 5,79    | 15,82  | 26,21   | 30,19   |
| Infiltração = P - ES                          | 177,48   | 196,01  | 135,81   | 94,92  | 25,40  | 6,87   | 14,88  | 10,53   | 38,72   | 105,88 | 175,39  | 202,01  |
| D = I - EP                                    | 53,08    | 90,61   | 19,01    | -11,08 | -78,20 | -93,83 | -97,02 | -124,87 | -103,19 | -43,72 | 47,79   | 91,01   |
| Armazenamento de água ( AS)                   | 160,00   | 160,00  | 160,00   | 148,92 | 70,72  | 0      | 0      | 0       | 0       | 0      | 47,79   | 138,81  |
| Evapotranspiração real (EPr) - mm             | 124,40   | 105,40  | 116,80   | 106,00 | 103,60 | 71,75  | 0      | 0       | 0       | 0      | 127,60  | 111,00  |
| Percolação (PER = D- deltaAS)                 | 53,08    | 90,61   | 19,01    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0      | 47,79   | 91,01   |
| Vazão por m <sup>2</sup> - l/s/m <sup>2</sup> | 2,05E-05 | 3,5E-05 | 7,33E-06 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0       | 0      | 1,8E-05 | 3,5E-05 |

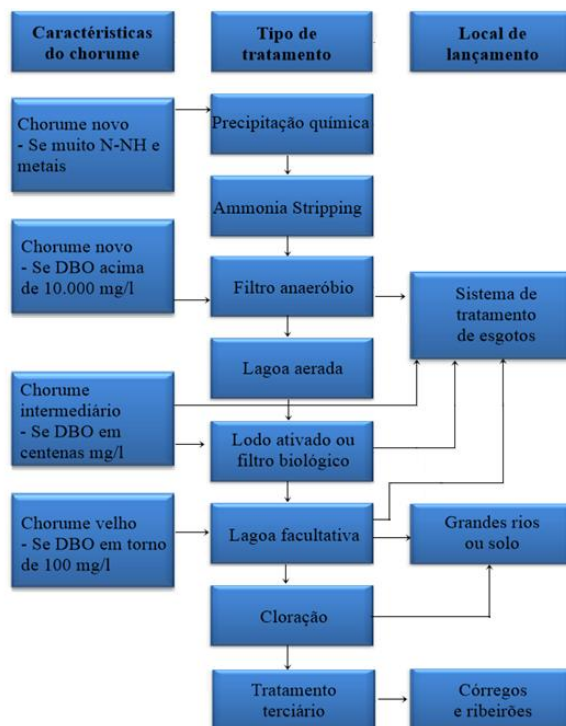


Figura 4.24 - Fluxo dos diferentes tipos de tratamento para o chorume. (Fonte: McBean et. al., 1995).

Dessa forma, a ETL para o tratamento do lixiviado terá capacidade para tratar 100 l/s, sendo o tratamento sugerido uso de reator anaeróbico. Devido geração de lodo em pequena quantidade, limitado consumo de energia, pequena área requerida, baixo custo de implantação. A estação prevista pode ser pré-moldada, como já existente no mercado e poderá ser utilizada em outra localidade, quando do término dos serviços de remediação; ou construída no próprio local, possuindo as seguintes características básicas:

- Unidade de Gradeamento e Elevatória de Esgoto;
- Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente, tipo manta de lodo;
- Floculador;
- Flotador com raspador de lodo;
- Sistema de saturação de ar com água;
- Tanque de contato;
- Kit de preparação e dosagem de produtos químicos;
- Leito de secagem do lodo.

Salienta-se que o lodo gerado poderá ser disposto nas próprias células de tratamento, após estarem secos. O sistema de tratamento é um sistema fechado, sendo que o efluente tratado será reencaminhado para a célula que estiver em operação até que a mesma seja fechada e impermeabilizada na parte superior ou encaminhado para uma Estação de Tratamento de Esgoto.

#### 4.2.2.4. Sistema de Drenagem dos gases

É fundamental a instalação de drenos verticais de gás através da execução de perfurações feitas com equipamentos especiais e a inserção, nesses furos, de drenos especialmente construídos, bem como a instalação de drenos horizontais para coleta e transporte do percolado (LIMA, 2005).

O sistema de drenagem de gases do Aterro JCB será implantado com o objetivo de se drenar os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica, evitando migração através dos meios porosos que constituem o subsolo, sendo integrado/ expandido ao sistema já existente na área (Figura 4.25 e Figura 4.26).

Os gases, sob condições peculiares, podem se infiltrar no subsolo, atingir as redes de esgoto, fossas e poços absorventes, e causar problemas, uma vez que o metano poderá formar, com o ar, uma mistura explosiva (concentrações de CH<sub>4</sub> entre 5 a 15%). Nesse sentido, o controle da geração e migração dos gases gerados no lixão será realizado através de um adequado sistema de drenagem constituído por drenos verticais colocados em diferentes pontos do aterro (CREA, 2007).



Figura 4.25 - Parte superior dos atuais drenos de gás do Aterro JKB

Existem dois métodos de se executar os drenos de gás: subindo o dreno à medida que o aterro vai evoluindo ou escavar a célula encerrada para implantar o dreno, deixando uma guia para quando se aterrar em um nível mais acima.



Figura 4.26 - Parte superior do dreno de gás do Aterro JKB

Uma vez aberto o poço, o solo ao seu redor, num raio de aproximadamente dois metros, deve ser aterrado com uma camada de argila de cerca de 50 cm de espessura, para evitar que o gás se disperse na atmosfera. Sugere-se que a drenagem de gás seja implantada através da escavação da célula. O topo do poço será encimado por um queimador, constituído por uma manilha de concreto colocada na posição vertical (CREA, 2007).

Os drenos serão formados por tubos perfurados de PVC de 200 mm de diâmetro revestido por uma aduela de concreto envolvida por brita ou seixo, que atravessam no sentido vertical todo o lixão, desde o solo até a camada superior, como se fossem chaminés.

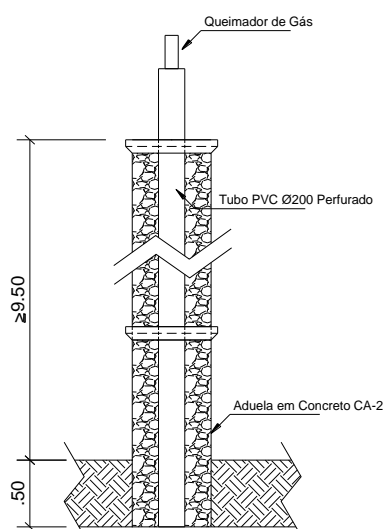


Figura 4.27 - Detalhe do queimador de gases do lixão

#### 4.2.2.5. Drenagem das águas pluviais

A recuperação ambiental do terreno do lixão exige a implantação imediata de um sistema de drenagem específico para as águas pluviais, principalmente, para prevenir erosões. Assim impõe-se a instalação de uma de drenagem periférica, responsável pela captação dos efluentes líquidos afluentes à área (LIMA, 2005).

A água pluvial a ser coletada será referente às áreas de circulação (vias internas = 9.150 m<sup>2</sup>) e área de apoio (galpão, guarita, ETL e áreas livres = 8.900 m<sup>2</sup>). O restante corresponde às células de tratamento que serão recolhidas pelo sistema de drenagem do chorume e recirculadas na célula.

Alguns parâmetros a serem adotados no dimensionamento do sistema de drenagem:

Tempo de Recorrência :..... 5 anos;

Coefficiente de escoamento: ..... 0,70

Tempo de chuva: ..... 90,0 minutos

Índice Pluviométrico adotado: ..... 3,61 mm/dia

Área de incidência pluvial: ..... 582.200 m<sup>2</sup>

Volume de chuva de um dia: .. (18.050 x 0,70 x 0,003)  $\cong$  37,9 m<sup>3</sup>

Vazão para o tempo de chuva: 25 l/s

Optou-se no presente projeto por criar condições na execução de condução das águas pluviais através das vias de circulação interna e lançamento final na Bacia de Detenção a ser implantada; essa Bacia de detenção terá dimensões trapezoidais suficientes para receber o escoamento pluvial e, se necessário, o efluente tratado das células. Aproveitando as vias já realizadas no local (Figura 4.21)

Após o encerramento dos serviços de remediação e da utilização no período de construção do Aterro JCB, a bacia de detenção será fechada.

#### 4.2.2.6. Camada de Cobertura Final com Solo e Revegetação

Deverá ser previsto o uso que a área terá após o encerramento da obra, sua desativação, remediação/reabilitação. E indicação dos usos compatíveis com as limitações ambientais impostas pelo tipo da atividade.

Sugere-se a criação de um Parque Ecológico Comunitário, com quadras poliesportivas, trilhas ecológicas, praças para lazer, academias comunitárias, e revegetação com mata nativa do Cerrado, diminuindo o impacto gerado pelo rompimento com o bioma vizinho do Parque Nacional de Brasília, e a fim de criar um padrão com as áreas já atenuadas naturalmente, abrangendo também essa área ao projeto do parque.

Recomenda-se que a camada de cobertura final do maciço do aterro seja através de aplicação dos geossintéticos por meio de mantas de geomembranas sintéticas do tipo PEAD e PVC, ou ser composta por uma camada de solo argiloso compactada de baixa permeabilidade, que poderá ser espalhada e compactada com trator de esteiras, no mínimo com espessura de 70 cm. Com o objetivo de controlar a entrada de água e ar para dentro do aterro; minimizar a migração de gás para fora do aterro; servir como elemento de redução de odor, vetores de doenças e outros inconvenientes; funcionar como sistema de controle de águas superficiais e facilitar a recomposição da paisagem. Viabilizando o reuso da área para a ação proposta.

Após realizadas das ações mínimas recomendadas (item 2.4), são propostas as técnicas de remediação.

#### **4.2.3. ALTERNATIVA I – Barreiras Verticais**

No estudo de Carneiro (2002) foram observadas duas tendências de contaminação do lençol freático: uma em direção à nascente do córrego do Acampamento e outra em direção ao córrego Cabeceira do Valo, particularmente mais a jusante de sua nascente. Sendo esses pontos, o principal foco da aplicação das Barreiras Verticais, com intuito de conter a propagação da pluma aos corpos hídricos e evitar a contaminação das águas subterrâneas (Figura 4.28), por meio do impedimento de fluxos horizontais de água contaminada do material isolado para o solo adjacente.

A escolha do tipo e dos materiais das barreiras verticais é feita considerando a profundidade e o comprimento da parede, o limite superior aceitável de permeabilidade, a extensão e o tipo da contaminação, o tipo do solo, as condições da barreira de fundo, a profundidade até o nível d'água, o equipamento de construção disponível, a experiência anterior e custos (BOSCOV, 2008).

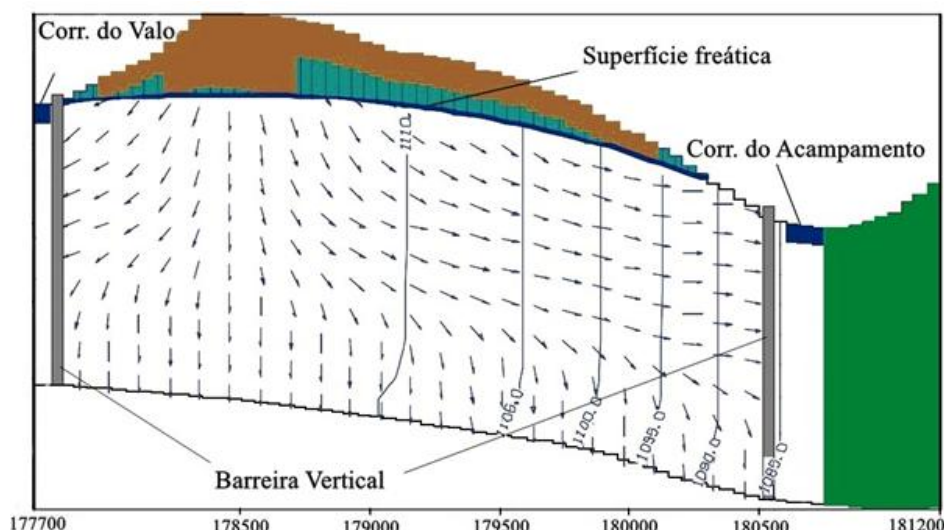


Figura 4.28 - Funcionamento da barreira vertical contendo o fluxo sub-superficial: Seção transversal(exagero vertical de 15 vezes); representação em corte (CARNEIRO, 2002 – modificada)

Nesse sentido, nessa alternativa de remediação optou-se pela utilização da técnica de construção de uma parede diafragma plástica - é uma barreira vertical escavada com a utilização de *coulis* (mistura de cimento, bentonita e água), com o objetivo de conter a percolação horizontal do lixiviado. Para melhorar sua eficiência, a parede deve penetrar na camada de solo impermeável subjacente.

A escavação é executada pelo método dos painéis alternados (Figura 4.29), sendo que quando da escavação dos painéis secundários, deverá haver uma escavação de no mínimo 50 cm, em cada extremidade do painel primário do material de diafragma plástico já executado, garantindo-se a continuidade da função impermeabilizadora do diafragma (FRANKI, 2014 ).

A seqüência de preparo da mistura final é a seguinte (FRANKI, 2014):

- Preparação de uma mistura bentonita – água com 60 kgf de bentonita por  $m^3$ , usando misturador de alta turbulência.
- Preparação de mistura cimento – água, na proporção de 400 kgf por  $m^3$ , e usando-se retardador de pega (em geral 0,1% a 0,2% do peso de cimento) de preferência da família dos lignosulfitos, especialmente para retardar o início de pega.
- Mistura em partes iguais das duas misturas acima, obtendo-se, por  $m^3$ , 30 kgf de bentonita e 200 kgf de cimento.



- Durante a escavação do painel, serão, pela ação do próprio processo incorporados cerca de 50 kgf a 100 kgf de solo em cada m<sup>3</sup> de mistura.

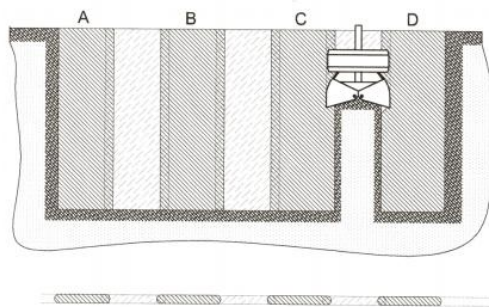


Figura 4.29 - Parede Diafragma Plástica - Método dos painéis alternados (Fonte: FRANKI, 2014)

Analisando o perfil esquemático (Figura 4.9) e os estudos do solo realizados na região (item 3.4.4), recomenda-se a construção de 2 barreiras verticais, com comprimentos de 1km, cobrindo a extensão da pluma de contaminação em direção ao Córrego Cabeceira do Valo (SO) e Córrego do Acampamento (SE), e uma profundidade de 14 m, podendo variar com localidade - a fim de encontrar o solo com menor permeabilidade do local, sendo necessário um estudo *in situ* da permeabilidade do solo onde será construída a parede diafragma - pois a parede será na área externa vizinha ao aterro.



Figura 4.30 - Localização – Barreiras Verticais; Aterro JCB (Fonte: Google earth, 2014)

. Sendo necessário o estudo de detalhado das tensões que serão geradas nesta parede, e ensaio topográfico detalhado na região.

#### **4.2.4. ALTERNATIVA II – Células Impermeáveis**

A remediação se fará através da abertura de células na porção norte e sul - nas células mais antigas do Aterro JCB (Figura 4.2), consiste na impermeabilização das células com o uso de geomembranas - no eixo horizontal ao fundo, com o intuito de homogeneizar a topografia, através do processo de codisposição, intercalando os resíduos velhos e os resíduos novos, criando células com mesma altura observada no alto topográfico, causado pela disposição na região intermediária (Figura 4.13 e Figura 4.14).

Nessa alternativa o Aterro JCB continuará recebendo os resíduos sólidos de Brasília até a liberação do Aterro de Samambaia; visto que o processo de licitação do Aterro de Samambaia foi suspenso pelo Tribunal de Contas do DF por quatro vezes. Segundo o SLU (Serviço de Limpeza Urbana), o aterro de Samambaia deveria ficar pronto até dezembro deste ano, mas o mesmo não está sendo utilizado; tendo este a área quase 6 vezes menor (32 ha) que o Aterro JCB, e sua vida útil de aproximadamente 10 anos. A capacidade do Aterro de Samambaia é muito baixa para produção atual de Brasília, e rapidamente será saturado; sendo necessário uma solução a longo prazo.

A codisposição, tem sido outra forma para o tratamento de resíduos sólidos dispostos inadequadamente, ou seja, uma solução provisória tecnicamente viável para a disposição de resíduos “antigos” devidamente caracterizados e classificados, em conjunto com resíduos sólidos “novos”. A codisposição pode ser entendida como a deposição de forma consciente de resíduo sólido urbano, visando obter uma atenuação do lixiviado gerado por estes (BRITO, 1999).

A principal função da impermeabilização é evitar a contaminação do lençol freático com a criação de barreiras artificiais à percolação do chorume proveniente da decomposição de resíduos e também da ação das águas pluviais, bem como garantir as condições mecânicas necessárias para a manutenção do sistema.

Nessa alternativa de remediação optou-se pela utilização da técnica de aplicação dos geossintéticos por meio de mantas de geomembranas sintéticas do tipo PEAD e PVC, a serem instaladas sobre uma camada do próprio solo escavado. A geomembrana é um dos tipos mais

comuns de geossintéticos e consiste em uma manta de liga plástica, elástica e flexível. Os tipos mais encontrados são fabricadas com polietileno de alta densidade – PEAD ou policloreto de vinila – PVC.

O uso de geomembranas apresentam excelente desempenho quando utilizada como revestimento impermeabilizante podendo ter diversas aplicações em impermeabilização, sendo sua principal utilização em aterros sanitários e lagos artificiais de decantação, preservando, desta forma, o meio ambiente. As geomembranas caracterizam-se pela baixíssima permeabilidade. Os coeficientes de permeabilidade variam entre  $10^{-10}$  cm/s e  $10^{-13}$  cm/s, daí a larga utilização como barreiras para fluidos e gases em áreas de disposição de resíduos sólidos (CSANEO, 2011).

No caso específico das células de remediação do Aterro Jockey Club serão utilizadas geomembranas tanto na impermeabilização da base como na impermeabilização da cobertura das células. Para início do processo de impermeabilização das células, que funcionara como uma barreira horizontal - será realizada a escavação do terreno. Concluída a escavação procede-se à limpeza, que consiste em retirar o solo solto das paredes laterais e de nivelar a base da célula.

As operações básicas na instalação das células do lixão podem ser resumidas em: limpeza do terreno onde será instalada a célula de tratamento; escavação da célula de tratamento; compactação de fundo; nivelamento e retirada de solo solto de dentro da célula. Após os serviços iniciais de escavação inicia-se o processo de instalação do sistema de drenagem de gases e chorume.

As áreas então em um baixo topográfico, totalizando aproximadamente 70 ha (Figura 4.31), criando células que ocupem o vazio nas laterais da porção intermediária e vão diminuindo a altura nos postos mais ao norte e sul (Figura 4.32); a remediação deve ser executada em etapas com a remoção e relocação dos resíduos dentro dessa área, evitando-se a possível contaminação de outros espaços.



Figura 4.31 - Localização – Área Norte e Sul; Aterro JCB (Fonte: Google earth, 2014)

Sugere-se que seja executada a primeira célula de tratamento onde serão realizadas novas sondagens, ensaios de solo e verificação da “qualidade do lixo”, verificando-se assim, a necessidade de se impermeabilizar as demais células ou mesmo de não execução destas, uma vez que caso seja plenamente confirmada a não contaminação de solo e água subterrânea, bem como a estabilização da decomposição do lixo no local, poderá ser necessária apenas a reconformação do terreno e em seguida a nova destinação da área.



Figura 4.32 – Volume disponível - Perfil topográfico do Aterro JCB no sentido Norte – Sul, visada para leste (CAVALCANTI, 2013 - modificado).

#### 4.2.5. ALTERNATIVA III - Barreira Hidráulica

A barreira hidráulica (item 2.3.5) pode ser constituída por poços de bombeamento de pequeno e grande diâmetro, ponteiros filtrantes a vácuo, trincheiras drenantes escavadas e drenos horizontais profundos. Poços verticais de bombeamento e ponteiros filtrantes são instalados ao longo de uma linha, geralmente no limite da pluma de contaminação ou dentro da própria pluma.

O número e a disposição de poços e ponteiros filtrantes são objeto de projeto e dependem das propriedades geotécnicas do solo, bem como do local e da profundidade da pluma de contaminação. São eficientes quando implantados em solos permeáveis, com coeficientes de permeabilidade superiores a  $10^{-4}$  cm/s e homogêneos, sem presença de camadas mais permeáveis preferenciais para o fluxo (BOSCOV, 2008).

A utilização de drenos horizontais profundos (DHPs) em obras geotécnicas é comum, principalmente na estabilização de taludes. Para remediação ambiental, é particularmente interessante quando associada à técnica de perfuração direcionada a partir da superfície, pois a instalação e a operação podem ser executadas sem impedir as atividades cotidianas do local e sem escavar solo contaminado. Em obras ambientais, é aplicada para a construção de barreiras hidráulicas e barreiras horizontais de fundo, para a drenagem de antigos lixões onde há percolato armazenado no contato entre os resíduos e o terreno, e para a injeção de ar e nutrientes com a finalidade de acelerar a biorremediação. (BOSCOV, 2008).

Contudo, não há equações para o cálculo das vazões e do rebaixamento em função do tempo para DHPs; o diâmetro e a profundidade da tubulação que resultam no rebaixamento necessário são geralmente calculados por equações para valas drenantes, podendo-se também utilizar redes de fluxo, softwares que resolvem numericamente a equação tridimensional de fluxo de água em meios porosos, ou, ainda, a formulação para DHPs desenvolvida para a prospecção de petróleo com as necessárias adaptações (CAMPOS, 2003; CAMPOS e BOSCOV, 2006 apud BOSCOV, 2008).

O furo para instalação de DHP é feito por uma perfuratriz que, com o auxílio da injeção de polímeros estabilizadores biodegradáveis, atravessa as camadas do subsolo predefinidas em projeto, aflorando em um ponto também predefinido. O gel formado pela reação dos polímeros injetados com água (*cake*) tem a função de impedir o fechamento do furo e manter seu diâmetro constante, como a lama bentonítica em paredes-diafragma. Para a



instalação do tubo dreno no furo, acopla-se o tubo na haste da perfuratriz no ponto de saída do furo, e a perfuratriz percorre o caminho inverso ao da perfuração. A seguir, executa-se a limpeza do furo e a completa retirada do gel da parede do furo com jato de água de mangueira colocada dentro do tubo-dreno (BOSCOV, 2008).

Em função da permeabilidade do solo, da vazão e direção do fluxo da pluma de contaminação, prevê a instalação de três barreiras hidráulicas com profundidade entre 2 a 5 m, abrangendo uma extensão de 300m, podendo esta variar de acordo com a eficiência da barreira. Sendo necessário o monitoramento prévio *in situ* do terreno, para garantir a eficiência da drenagem e direcionar a perfuração.



Figura 4.33 - Localização – Barreiras Hidráulicas; Aterro JCB (Fonte: Google earth, 2014)

#### 4.2.6. ALTERNATIVA IV - Atenuação Natural Monitorada

A atenuação natural é a resposta natural de sistemas hidrológicos à contaminação, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos que, sob condições favoráveis, agem sem intervenção humana, reduzindo massa, toxicidade, mobilidade, volume ou concentração de contaminantes no solo ou nas águas subterrâneas com o tempo ou distância da fonte. Esses processos *in situ* incluem biodegradação, consumo por animais ou plantas, dispersão,

diluição, difusão, troca catiônica, sorção e dessorção, volatilização, complexação, decaimento radiativo e transformação abiótica (BOSCOV, 2008).

O subsolo age como um reator bioquímico, alterando o contaminante em seu caminho da fonte ao receptor. A biodegradação é o mais importante mecanismo destrutivo, enquanto mecanismos não-destrutivos incluem sorção, dispersão, diluição por causa de recarga e volatilização (BOSCOV, 2008). A atenuação natural monitorada pode ser considerada uma alternativa de remediação. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA a define como: a confiança nos processos de atenuação natural (dentro do contexto de controle e monitoramento cuidadosos) para atingir objetivos de remediação específicos para cada local dentro de um tempo que é razoável comparado com o oferecido por outros métodos mais ativos (EPA, 2007 apud BOSCOV, 2008).

Para isso são necessárias as avaliações de impactos potenciais de longo prazo, do potencial e das limitações da atenuação natural, bem como o projeto de sistemas para monitorar detalhadamente o desempenho da remediação por atenuação natural. Sendo necessária a realização de uma campanha de ensaios químicos em amostras de solo e água subterrânea coletadas na região para prover um diagnóstico preciso da contaminação.

Com base no diagnóstico de contaminação, no monitoramento e na modelagem matemática, pode-se decidir se o desempenho da atenuação natural monitorada é adequado como meta de remediação do Aterro JCB.

#### **4.2.7. Avaliação das alternativas**

O capitalismo em conjunto com o processo de urbanização e industrialização, tem exigido uma nova dinâmica para a gestão dos resíduos sólidos - há uma elevada produção de resíduos, o qual demanda muito espaço para sua disposição final - o território vem sendo usado de maneira ineficiente, sem nenhuma preocupação ecológica ou medidas de mitigação, encetando os múltiplos processos de degradação do solo. O Brasil encontra-se a caminho das adequações às exigências mundiais em relação à projeção de aterros sanitários e remediação de áreas já degradadas. Porém vemos que o processo é lento e burocrático, sendo que ações emergências do âmbito ambiental são deixadas de lado, como o funcionamento de um “aterro controlado” a mais de meio século em plena capital federal.

Os lixões são classificados como área contaminada sob intervenção (Aci), sendo necessária uma ação imediata de remediação dessas áreas, e o projeto em estudo visa justamente apresentar uma solução para o atual problema do Distrito Federal, contemplando as diferentes tecnologias aplicáveis, elencando alternativas viáveis do ponto de vista técnico, econômico, ambiental e social, em harmonia com a legislação e as normas ambientais em vigor; já propendidas no Edital para Gestão de RSU do DF (GDF/2012), o qual prevê investimentos para o empreendimento na concessão.

Para o gerenciamento de áreas contaminadas, é necessário identificar todos os impactos possíveis causados pela contaminação, antes e após a remediação, investigações para diagnóstico e que participarão da construção e da operação da técnica de recuperação escolhida. O processo de monitoramento é de extrema importância para este processo, pois é ele que dará embasamento para proposições e garantirá a eficácia da remediação, além de indicar a necessidade de uma nova interferência ou não. Durante todo o desenvolvimento do projeto, salientou-se a necessidade de realização de estudos e monitoramento, que diagnostiquem a situação atual do Aterro JCB.

Dentro do diagnóstico realizado, os cenários futuros simulados (CARNEIRO, 2002) e estudos já realizados, indicaram a gravidade da situação e a fragilidade da região do Aterro JCB, que prevê a dispersão da contaminação oriunda do aterro para as duas bacias hidrográficas adjacentes – que são afluentes de tributários do Lago Paranoá, podendo comprometer o abastecimento de Brasília no futuro, com consequências deletérias para uma grande parcela do lençol freático da região. Diante da magnitude do problema ambiental, qualquer proposição de solução será complexa.

Para a alternativa de barreiras verticais, deve ser considerado que a permeabilidade do local pode inviabilizar o uso desta alternativa, visto que nenhum dos solos apresenta o coeficiente de permeabilidade de  $<10^{-7}$  cm/s – solos impermeáveis; sendo necessário para garantir sua eficiência que a parede penetre na camada de solo impermeável subjacente. Devendo também considerar que a pluma possa contornar a barreira, pois esta não abrange toda a extensão estipulada pela modelagem matemática calculada por Carneiro, 2002 para o fluxo da pluma de contaminação do Aterro JCB. Ambas conclusões levantadas devem ser confirmadas através do monitoramento. Em relação ao custo, observa-se que esta alternativa é mais viável que a alternativa II.



O elevado comprimento das barreiras verticais deve ser analisado, podendo ser inviável em relação aos custos econômicos e tensões geradas pela elevada extensão, deve ser analisado novas alternativas de estudo. Porém tal técnica pode ser viável para a contenção da pluma; podendo ser utilizada com outra técnica de remediação, exemplo, a barreira hidráulica (alternativa IV), onde esta atuaria pontualmente no fluxo desviado pela barreira vertical, sendo necessário um estudo *in situ* da região.

A alternativa II é excelente do ponto de vista governamental, pois permitir o uso temporário do Aterro JCB e transforma as porções mais antigas em um aterro sanitário, com todas as medidas de proteção necessária. Porém esta envolve uma área vasta de aproximadamente 70 ha, onde todo o resíduo será permutado, a fim de garantir a impermeabilização horizontal da área sul e norte; podendo inviabilizar economicamente o empreendimento, além de não conter a pluma de contaminação de imediato – a qual já é comprovada sua influência nos corpos hídricos superficiais vizinhos a área estudada.

As alternativas que envolvem grandes volumes de escavação, como as trincheiras drenantes escavadas e os poços de grande diâmetro, estão atualmente caindo em desuso justamente em razão dos elevados volumes de água e solo contaminados gerados durante a implantação e que devem depois ser dispostos. Ademais, também causam interrupção das atividades do local durante a construção (BOSCOV, 2008). Entretanto a alternativa III, - Barreira Hidráulica – é a que apresenta uma melhor solução para o risco apresentado pela propagação da pluma de contaminação para o Córrego Cabeceira do Valo (SO) e o Córrego do Acampamento (SE), impedindo o avanço da pluma e tratando todo o líquido drenado; sendo a de mais rápida atenuação e execução.

A permeabilidade é um dos itens fundamentais para a aplicação da barreira hidráulica, condicionando a circulação de líquidos e gases dentro da massa de resíduos. Quanto maior o grau de compactação, menor será a permeabilidade final do maciço, impedindo a circulação e liberação do chorume produzido (JUNQUEIRA, 2000). Estudos feitos por Pereira et. al. (1997), apontam valores de permeabilidade para os resíduos do Aterro JCB em torno de  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{cm/s}$ , valor relativamente alto, permitindo a rápida percolação da água infiltrada e uso do método sugerido. Porém, tal medida pode ser inviável em determinadas regiões propostas, devido à permeabilidade e profundidade dos solos, podendo estes apresentar baixa permeabilidade, além de ser necessário considerar o comportamento do solo no período da

seca, bem caracterizada para região estudada, com umidades baixíssimas, que influenciam diretamente no balanço hídrico do solo, além da extensão exigida.

O processo de atenuação natural pode ser observado por imagens aéreas do Aterro JCB e visitas ao local, nas regiões mais antigas (porção norte e sul do Aterro JCB - Figura 4.34 e anexo 1), além de comprovadas por alguns estudos realizados; porém faz-se necessário o monitoramento dessas áreas para acompanhar o processo de atenuação e sua eficácia.

Na tabela abaixo foi analisado as alternativas propostas de acordo com a coloração, onde o verde representa viável e o vermelho praticamente inviável, sendo o amarelo meio termo. Os itens foram analisados de maneira simples, podendo ponderar os itens de acordo com a ótica adotada.

Tabela 4.8 – Avaliação das Alternativas

|                           | Contenção da pluma de contaminação | Tratamento da pluma de contaminação | Impermeabilização do solo | Atenuação do risco de contaminação dos córregos | Possibilita o uso para disposição de RSU | Viabilidade Física | Viabilidade Econômica | Ação complexa de engenharia | Exige estudo prévio antes da instalação | Recomenda-se o uso simultâneo com a alternativa |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|--|--------------------|-----------------------|-----------------------------|---|---|
| Barreiras Verticais – I   | Verde                              | Vermelho                            | Vermelho                  | Amarelo   | Vermelho                                 | Amarelo            | Amarelo               | Vermelho                    | Verde                                   | III; IV   |
| Células Impermeáveis – II | Amarelo                            | Amarelo                             | Verde                     | Amarelo   | Verde                                    | Verde              | Vermelho              | Amarelo                     | Verde                                   | I;III;IV  |
| Barreira Hidráulica – III | Verde                              | Verde                               | Vermelho                  | Verde   | Vermelho                                 | Amarelo            | Amarelo               | Vermelho                    | Verde                                   | II;IV   |
| Atenuação Natural - IV    | Vermelho                           | Amarelo                             | Vermelho                  | Vermelho  | Vermelho                                 | Verde              | Verde                 | Verde                       | Amarelo                                 | I;II;III  |

Legenda: Positivo    Negativo

Em conjunto da execução dos serviços básicos levantados no item 4.2.2 – Especificação Técnica Básica. Dentro das alternativas levantadas a melhor solução será a conjugação do uso da barreira hidráulica (alternativa III) – que irá conter a pluma de contaminação, e o risco de contaminação dos corpos hídricos vizinhos ao aterro JCB – e atenuação natural monitorada (alternativa IV) – monitorando todo o processo natural e dando a base para ação, se necessário, da intervenção antrópica no processo, podendo esta última

alternativa ser acelerada pelos processos de biorremediação in situ, como recomendado no estudo de Carvalho, 1997. Ou o uso de barreiras verticais (alternativa I), que visa conter o avanço da pluma, conjunto a atenuação natural. Em ambas soluções atenua-se o risco de contaminação dos córregos – Acampamento e Cabeceira do Valo.

A alternativa II – células impermeáveis cria um atrativo para o governo do Distrito Federal, pois possibilita o uso da região por um determinado período. Sendo necessário uma ação para conter a pluma, pois essa solução- alternativa II- por si só, não contém a pluma de imediato.

## 5. CONCLUSÃO

Este projeto teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre remediação e diagnóstico da área de estudo - o Aterro Jockey Club de Brasília, onde 190 ha encontram-se totalmente degradados pela deposição de resíduos sólidos de maneira incorreta no local. A fim de propor alternativas que busquem a estabilidade química do Aterro JCB; viabilizando seu uso futuro, sem oferecer risco à sociedade e ao meio ambiente.

O diagnóstico realizado indica a gravidade e fragilidade em que o Aterro JCB se encontra, pois prevê a dispersão da contaminação oriunda do aterro para os córregos vizinhos (Córrego do Acampamento, a NE e Córrego Cabeceira do Valo, a oeste). Embasando assim as alternativas para remediação.

Dentro das alternativas propostas, destaca-se o uso conjugado das barreiras verticais (que contém a pluma de contaminação) e atenuação natural. E das barreiras hidráulicas (o qual altera o fluxo de contaminação e ainda permite o tratamento da pluma) com atenuação natural. E a codisposição (alternativa II), que prevê o uso do Aterro JCB para disposição de resíduos sólidos urbanos futuros.

Para estudos futuros recomenda-se; um monitoramento minudenciado do local através da execução de um programa de amostragem do lençol freático, para a verificação das condições de variação temporal das concentrações de contaminantes em diferentes períodos do ano; execução de um programa de amostragem do lençol freático orientado para a detecção de metais pesados e elementos-traço, onde sejam utilizados equipamentos de coleta, procedimentos de campo e métodos analíticos apropriados para a minimização de interferências nos resultados

Além do mapeamento da área onde efetivamente se tem resíduo aterrado, principalmente nas porções mais antigas do aterro; estudos complementares mais detalhados sobre as condições de contenção, atenuação e retardamento de contaminantes nos solos da região, que permitam a remediação do local; uma estimativa de orçamento para as propostas de remediação, com a finalidade realizar uma análise custo/benefício e comparar a viabilidade das alternativas.

O estudo salienta a necessidade de uma ação emergencial, visto a gravidade do impacto ambiental que se encontra o Aterro JCB, visando à recuperação e mitigação da

região, destacado no Edital para Gestão de RSU do DF (GDF/2012), adotando medidas relacionadas com a proteção ambiental e destaca-se que a concessionária deverá realizar Estudos e Projetos de Recuperação/Mitigação do Lixão da Estrutural, em parceria com a Universidade de Brasília – UNB. Podendo o estudo atual embasar o início desses projetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal  
\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado de Obras, Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal – Brasília: Concremat Engenharia, 2008 V.4, T.01/03. Disponível em: [http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/servico\\_publicos/PDDUemPDF/07%20-%20relatorio%2002%20de%20caracterizacao.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/servico_publicos/PDDUemPDF/07%20-%20relatorio%2002%20de%20caracterizacao.pdf), acesso: 12/10/2014

\_\_\_\_\_. Plano de Manejo das Áreas de Proteção da Vila Estrutural (Produto 4 – Plano de Manejo ARIE da Vila Estrutural). Brasília: Greentec Tecnologia Ambiental, Dezembro/2012. Disponível em: [http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/Brasilia\\_Sustentavel/BSBSutentavel1\\_2013/PlanodeManejoARIEEstrutural.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/Brasilia_Sustentavel/BSBSutentavel1_2013/PlanodeManejoARIEEstrutural.pdf), acesso: 12/10/2014.

ABREU, Feliciano de. Estudo e avaliação da contaminação das fontes do Parque Nacional de Brasília. [Distrito Federal]. 2001. Dissertação de Mestrado. Publicação PTARH. DM – 041/01, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 123p. 2001

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2013.

ARAUJO, R. de. Estudo Geoquímico da Contaminação dos Recursos Hídricos e sua Propagação nas Adjacências do Aterro de Resíduos Sólidos Jockey Club – DF. Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado), IG/UnB, Brasília/DF. 74p. 1996.

ARAUJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.R; GUERRA, A.J.T. Gestão ambiental de áreas degradadas. São Cristóvão: Ed. Bertrand Brasil Ltda, 2005.

BARBOSA, L.M. coord. Manual para Recuperação de Áreas Degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

BERGER, THOMAS MICHAEL. Biorremediação - Tecnologias de Avaliação e Remediação, Seminário Sul-Brasileiro de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, 2012. Disponível em: <<http://www.abes-rs.org.br/areascontaminadas/thomas-michael-berger.pdf>>, acessado em: 15 jun. 2014.

BERNARDES, CAROLINA. Notas de aula – Resíduos Sólidos Urbanos. UnB, Brasília, 2013.

BERNARDES, R. S., PASTORE, E. L., PEREIRA, J. H. Caracterização Geofísica e Geoquímica da área de Disposição de Resíduos Urbanos “Aterro do Jôquei Clube” em Brasília-DF. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, maio 12p. 1999.

BOSCOV, MARIA EUGENIA GIMENEZ. Geotecnia Ambiental, São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

CAMPOS, J. E. G. e FREITAS-SILVA, F. H. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. 1998. Relatório Técnico, Vol. 4 – Hidrogeologia do Distrito Federal SRH/MMA – IEMA/SEMATEC, Brasília, DF. 85p. 1998.

CAMPOS, J.E.G.. Análise e delimitação da pluma de contaminação do Aterro do Jockey, região da Vila Estrutural. Relatório Técnico, Brasília/DF, 14p. 2007.

CARVALHO, MOISES NAVES. Estudo da biorremediação in situ para tratamento de solos e aquíferos contaminados com percolado de chorume, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 1997.

CASTILHOS JÚNIOR, Armando Borges de; PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (Coord.) Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006.

CAVALCANTI, M. M., BORGES, W. R., ROCHA, M. P., CUNHA, L. S., SEIMETZ, E. X. Investigação Geofísica (Eletrorresistividade e GPR) nos Limites do Lixão da Estrutural e do Parque Nacional de Brasília – DF (Resultados Preliminares). Twelfth International Congresso of the Brazilian Geophysical Society. Rio de Janeiro/RJ. 6p. 2011.

CAVALCANTI, MÁRCIO MACIEL. Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do Aterro Controlado do Jockey Clube de Brasília – DF, 2013. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. Brasília, março/ 2013.

CALVALCANTI, M. M.; BORGES, W. R.; STOLLBERG, R; ROCHA, M.P.; CUNHA, L. S; SEIMETZ, E. X.; NOGUEIRA, P. V.; SOUSA, F. R. F. R O. Levantamento Geofísico (eletrorresistividade) nos limites do Aterro Controlado do JOCKEY Clube, Vila Estrutural, Brasília – DF. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 2, p.298-313, 2014

CARNEIRO, GUSTAVO ANTONIO. Estudo de Contaminação do Lençol Freático sob a Área do Aterro de Lixo do Jockey Club-DF e suas Adjacências, 2002. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. [Distrito Federal] 2002. xvii, 123p., 297 mm

CB, Correio Brasiliense. Um Problema Estrutural – Especial Estrutural, 2014. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.com.br/especiais/lixao-da-estrutural/>, acessado: 15/09/2014.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/manual-de-gerenciamento-de-ACs/7-manual>>, acesso 30 jun 2014

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 420, de 28 de dezembro de 2009.

CORRÊA, RODRIGO STUDART. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação – 2. Ed – Brasília: Universa, 2009. 174 f.:Il.

CSANEO, Engenharia e Consultoria Ambiental. Projeto de Remediação do Lixão de Altamira- PA. Diagnóstico da Situação Atual – Brasília, Setembro de 2011.

\_\_\_\_\_. Estudo de Concepção da Lixeira Pública de Santana - Diagnóstico, Alternativas, Levantamento de Custos e Desenhos – Brasília, Abril de 2014.

CREA, Pr. Guia para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos Volume II, 2007.

DYMINSKI, ANDREA SELL. Remediação de Áreas Contaminadas – Solos e Águas Subterrâneas, UFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/RemediaContaminac.pdf>>, acessado em: 15 jun. 2014

EGLE, TELMA. Técnicas de Remediação, 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/156/artigo285478-2.aspx>>, acessado em: 15 jun. 2014.

EPA, Brownfields and Land Revitalization, Disponível em: [http://www.epa.gov/brownfields/basic\\_info.htm](http://www.epa.gov/brownfields/basic_info.htm), acesso: 13/05/ 2014

FRANCO, H. A. Geofísica e Química Aquática Aplicadas ao Estudo da Contaminação de Recursos Hídricos Subterrâneos no Aterro do Jockey Club, Brasília – DF. 1996. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, DF. 1996. 95p.

FRANKI, Literaturas Técnicas – Parede Diafragma. Disponível em: <http://franki.com.br/>, acesso: 15/11/2014.

GDF, Governo do Distrito Federal. Administração Regional do Setor Complementar de Indústria e Abastecimento - RA XXV. Disponível em: <http://www.scia.df.gov.br/sobre-a-administracao/a-administracao.html>, acesso: 15/09/2014

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades, Santana – AP, Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160060&search=amapa|santana>, acesso: 13/03/2014

IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal; MONTEIRO, José Henrique Penido [et al.]; ZVEIBIL, Victor Zular (coord.). Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

IBAMA, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de vegetação. Brasília, 1990.

JUNQUEIRA, FERNANDO DE FARIA. Análise do Comportamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Sistemas Dreno – Filtrantes em diferentes escalas, com referência ao Aterro do Jockey Clube – DF, 2000. Tese de doutorado em Geotecnia. Universidade de Brasília, FT, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. xvi, 288 p. Brasília, 2000.

KAGEYAMA, PAULO et al. 1994. Revegetação de Áreas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas – SINRAD



KOIDE, SÉRGIO; BERNARDES, RICARDO SILVEIRA. Contaminação do Lençol Freático sob a área do Jockey Club, Distrito Federal. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 11p. 1998.

LIMA, JOSÉ DANTAS. Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos e Usos Futuros da Área. Seminário de Licenciamento Ambiental de Destinação Final de Resíduos Sólidos - Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/46\\_10112008103145.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/46_10112008103145.pdf)>, acesso: 13 abr. 2014.

LOPES, LUCIANA. Gestão e Gerenciamento Integrados dos Resíduos Sólidos Urbanos – Alternativas para pequenos municípios. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Depto. De Geografia, Universidade de São Paulo. SP, 2006.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, Guia para Elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF, 2011.

PDRSD/GDF - Plano Diretor de Resíduos Sólidos para o Distrito Federal. Documento DB.09. Brasília - Julho, 2008.

PELUSO, MARÍLIA LUIZA. Distrito Federal: paisagem, população & poder. Marília Luiza Peluso, Washington Candido de Oliveira, São Paulo: HARBRA, 2006.

PEREIRA, J. H. F., PASTORE, E. L., BERNARDES, R. S. SOUZA, N. M. e CARVALHO, J. C. Estudos Geológico-Geotécnicos para o Planejamento e Projeto de Disposição de Resíduos Urbanos do Aterro de Lixo do Jóquei. Relatório Final, Vol. 4, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 86p. 1997.

PLANSAB, Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília – Dez/ 2008.  
\_\_\_\_\_. Brasília – Dez/ 2013.

PNRS, Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília – Agosto/ 2012.

PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. Biologia da conservação. Universidade de Londrina, Primack & Rodrigues, Londrina, 2002.

REICHERT, Antônio G. Manual - Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários. 2007.

RIBEIRO, LUÍS FERNANDO MARTINS. Notas de aula – Avaliação e Controle de Poluição do Solo. UnB, Brasília, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental. Tese (Livre – Docência), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 178p ; SP, 1998.

SANTOS, PAULO CESAR VIEIRA DOS. Estudos da Contaminação de Água Subterrânea por Percolado de Aterro de Resíduos Sólidos – Caso Jockey Club-Df. 1996. Dissertação de

Mestrado, Universidade de Brasília, FT. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 1996.

\_\_\_\_\_. Estudo da Degradação e dos Recalques em Células Experimentais de Resíduos Sólidos no Aterro do Jockey Club/DF. 2004. Tese de Doutorado Universidade de Brasília, FT. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 221 p., 210 x 297 mm. Brasília, 2004.

SLU/GDF, Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. Projeto para a Contratação de Serviços de Limpeza do Distrito Federal. Brasília, Out-2014.

SMA, Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resíduos Sólidos - Manual de Boas Prática no Planejamento – São Paulo, 2012. 108 p. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2013/03/Manual-Boas-Praticas.pdf>>, acesso 15 jun. 2014

TAVARES, SÍLVIO ROBERTO DE LUCENA [et al.]. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação Rio de Janeiro: Embrapa, 2008. 228p

TAPAHUASCO, WILBER FELICIANO CHAMBI. Avaliação de Modelos de Previsão de Recalques dos Resíduos Sólidos Urbanos do Aterro Jockey Club de Brasília. Dissertação de mestrado em Geotecnia - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2005, 141 p

YIN, ROBERT K. Estudo de Caso: Planejamento e métodos – 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.





CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- CURVA MESTRA
- CURVA INTERMEDIÁRIA
- PONTO COTADO
- VIA PAVIMENTADA
- VIA NÃO PAVIMENTADA
- RIO PERENE
- RIO INTERMITENTE
- LAGOA PERENE
- LAGOA INTERMITENTE
- TALUDE
- ÁREA
- MOVIMENTO TERRA
- EROSÃO
- ATERRO JOCKEY CLUB
- BARREIRA HORIZONTAL
- BARREIRA VERTICAL

VEGETAÇÃO PREDOMINANTE

- M MATA
- P PASTO
- Ref REFLORESTAMENTO
- AL ÁREA LÍMPIDA
- Cerr CERRADO
- Arv ÁRVORE
- Cam CAMPO
- po POMAR
- cl CULTURA

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 100 | 101 | 102 |
| 117 | 118 | 119 |
| 134 | 135 | 136 |

FOLHA 118 - 119

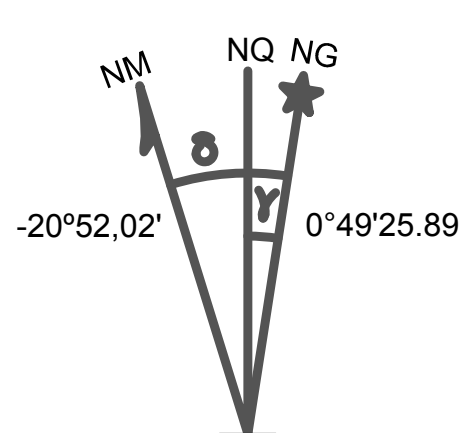
LOCALIZAÇÃO ATERRO JOCKEY CLUB DE BRASÍLIA - DF

DADOS TÉCNICOS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR - UTM  
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM EQUADOR E MERIDIANO CENTRAL ACRESCIDAS AS CONSTANTES DE 10 000 KM E 500 KM RESPECTIVAMENTE.  
DATA DO VOO : AGOSTO / 2009  
RESOLUÇÃO DO VOO : 0,25 m  
APOIO (HORIZONTAL E VERTICAL) : SETEMBRO / 2009  
RESTITUIÇÃO E EDIÇÃO : JUNHO / 2010  
MERIDIANO CENTRAL : 45°W  
DATUM VERTICAL : IBITUBA - SC  
DATUM HORIZONTAL : SIRGAS / 2000  
EQUIDISTÂNCIA VERTICAL : 5 m  
COEFICIENTE DE DEFORMAÇÃO LINEAR (K) : 1,000040  
K : 1,0007224

ORIENTAÇÃO GEOGRÁFICA

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM MARÇO/2010  
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
DO CENTRO DA FOLHA



VARIAÇÃO ANUAL : -8'05.09"  
FONTE : PROGRAMA ELEMAG (OBSERVATÓRIO NACIONAL)  
USAR EXCLUSIVAMENTE OS DADOS NUMÉRICOS

ARTICULAÇÃO GERAL

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|    | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|    | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
| 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 | 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 | 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 | 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 | 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 | 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 | 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 | 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 | 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 | 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 | 715 | 716 | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 | 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 | 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 | 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 | 796 | 797 | 798 | 799 | 800 | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 807 | 808 | 809 | 810 | 811 | 812 | 813 | 814 | 815 | 816 | 817 | 818 | 819 | 820 | 821 | 822 | 823 | 824 | 825 | 826 | 827 | 828 | 829 | 830 | 831 | 832 | 833 | 834 | 835 | 836 | 837 | 838 | 839 | 840 | 841 | 842 | 843 | 844 | 845 | 846 | 847 | 848 | 849 | 850 | 851 | 852 | 853 | 854 | 855 | 856 | 857 | 858 | 859 | 860 | 861 | 862 | 863 | 864 | 865 | 866 | 867 | 868 | 869 | 870 | 871 | 872 | 873 | 874 | 875 | 876 | 877 | 878 | 879 | 880 | 881 | 882 | 883 | 884 | 885 | 886 | 887 | 888 | 889 | 890 | 891 | 892 | 893 | 894 | 895 | 896 | 897 | 898 | 899 | 900 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 | 907 | 908 | 909 | 910 | 911 | 912 | 913 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 | 920 | 921 | 922 | 923 | 924 | 925 | 926 | 927 | 928 | 929 | 930 | 931 | 932 | 933 | 934 | 935 | 936 | 937 | 938 | 939 | 940 | 941 | 942 | 943 | 944 | 945 | 946 | 947 | 948 | 949 | 950 | 951 | 952 | 953 | 954 | 955 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 961 | 962 | 963 | 964 | 965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 972 | 973 | 974 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 980 | 981 | 982 | 983 | 984 | 985 | 986 | 987 | 988 | 989 | 990 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000 | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1016 | 1017 | 1018 | 1019 | 1020 | 1021 | 1022 | 1023 | 1024 | 1025 | 1026 | 1027 | 1028 | 1029 | 1030 | 1031 | 1032 | 1033 | 1034 | 1035 | 1036 | 1037 | 1038 | 1039 | 1040 | 1041 | 1042 | 1043 | 1044 | 1045 | 1046 | 1047 | 1048 | 1049 | 1050 | 1051 | 1052 | 1053 | 1054 | 1055 | 1056 | 1057 | 1058 | 1059 | 1060 | 1061 | 1062 | 1063 | 1064 | 1065 | 1066 | 1067 | 1068 | 1069 | 1070 | 1071 | 1072 | 1073 | 1074 | 1075 | 1076 | 1077 | 1078 | 1079 | 1080 | 1081 | 1082 | 1083 | 1084 | 1085 | 1086 | 1087 | 1088 | 1089 | 1090 | 1091 | 1092 | 1093 | 1094 | 1095 | 1096 | 1097 | 1098 | 1099 | 1100 | 1101 | 1102 | 1103 | 1104 | 1105 | 1106 | 1107 | 1108 | 1109 | 1110 | 1111 | 1112 | 1113 | 1114 | 1115 | 1116 | 1117 | 1118 | 1119 | 1120 | 1121 | 1122 | 1123 | 1124 | 1125 | 1126 | 1127 | 1128 | 1129 | 1130 | 1131 | 1132 | 1133 | 1134 | 1135 | 1136 | 1137 | 1138 | 1139 | 1140 | 1141 | 1142 | 1143 | 1144 | 1145 | 1146 | 1147 | 1148 | 1149 | 1150 | 1151 | 1152 | 1153 | 1154 | 1155 | 1156 | 1157 | 1158 | 1159 | 1160 | 1161 | 1162 | 1163 | 1164 | 1165 | 1166 | 1167 | 1168 | 1169 | 1170 | 1171 | 1172 | 1173 | 1174 | 1175 | 1176 | 1177 | 1178 | 1179 | 1180 | 1181 | 1182 | 1183 | 1184 | 1185 | 1186 | 1187 | 1188 | 1189 | 1190 | 1191 | 1192 | 1193 | 1194 | 1195 | 1196 | 1197 | 1198 | 1199 | 1200 | 1201 | 1202 | 1203 | 1204 | 1205 | 1206 | 1207 | 1208 | 1209 | 1210 | 1211 | 1212 | 1213 | 1214 | 1215 | 1216 | 1217 | 1218 | 1219 | 1220 | 1221 | 1222 | 1223 | 1224 | 1225 | 1226 | 1227 | 1228 | 1229 | 1230 | 1231 | 1232 | 1233 | 1234 | 1235 | 1236 | 1237 | 1238 | 1239 | 1240 | 1241 | 1242 | 1243 | 1244 | 1245 | 1246 | 1247 | 1248 | 1249 | 1250 | 1251 | 1252 | 1253 | 1254 | 1255 | 1256 | 1257 | 1258 | 1259 | 1260 | 1261 | 1262 | 1263 | 1264 | 1265 | 1266 | 1267 | 1268 | 1269 | 1270 | 1271 | 1272 | 1273 | 1274 | 1275 | 1276 | 1277 | 1278 | 1279 | 1280 | 1281 | 1282 | 1283 | 1284 | 1285 | 1286 | 1287 | 1288 | 1289 | 1290 | 1291 | 1292 | 1293 | 1294 | 1295 | 1296 | 1297 | 1298 | 1299 | 1300 | 1301 | 1302 | 1303 | 1304 | 1305 | 1306 | 1307 | 1308 | 1309 | 1310 | 1311 | 1312 | 1313 | 1314 | 1315 | 1316 | 1317 | 1318 | 1319 | 1320 | 1321 | 1322 | 1323 | 1324 | 1325 | 1326 | 1327 | 1328 | 1329 | 1330 | 1331 | 1332 | 1333 | 1334 | 1335 | 1336 | 1337 | 1338 | 1339 | 1340 | 1341 | 1342 | 1343 | 1344 | 1345 | 1346 | 1347 | 1348 | 1349 | 1350 | 1351 | 1352 | 1353 | 1354 | 1355 | 1356 | 1357 | 1358 | 1359 | 1360 | 1361 | 1362 | 1363 | 1364 | 1365 | 1366 | 1367 | 1368 | 1369 | 1370 | 1371 | 1372 | 1373 | 1374 | 1375 | 1376 | 1377 | 1378 | 1379 | 1380 | 1381 | 1382 | 1383 | 1384 | 1385 | 1386 | 1387 | 1388 | 1389 | 1390 | 1391 | 1392 | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 | 1401 | 1402 | 1403 | 1404 | 1405 | 1406 | 1407 | 1408 | 1409 | 1410 | 1411 | 1412 | 1413 | 1414 | 1415 | 1416 | 1417 | 1418 | 1419 | 1420 | 1421 | 1422 | 1423 | 1424 | 1425 | 1426 | 1427 | 1428 | 1429 | 1430 | 1431 | 1432 | 1433 | 1434 | 1435 | 1436 | 1437 | 1438 | 1439 | 1440 | 1441 | 1442 | 1443 | 1444 | 1445 | 1446 | 1447 | 1448 | 1449 | 1450 | 1451 | 1452 | 1453 | 1454 | 1455 | 1456 | 1457 | 1458 | 1459 | 1460 | 1461 | 1462 | 1463 | 1464 | 1465 | 1466 | 1467 | 1468 | 1469 | 1470 | 1471 | 1472 | 1473 | 1474 | 1475 | 1476 | 1477 | 1478 | 1479 | 1480 | 1481 | 1482 | 1483 | 1484 | 1485 | 1486 | 1487 | 1488 | 1489 | 1490 | 1491 | 1492 | 1493 | 1494 | 149 |

MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO DO DISTRITO FEDERAL

SIRGAS: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas  
ESCALA : 1 : 10000

EXECUÇÃO : Laila de Queiroz Barbosa